



**Уральский
федеральный
университет**

имени первого Президента
России Б.Н.Ельцина

**Химико-
технологический
институт**

**М. А. БЕЗМАТЕРНЫХ
Н. П. БЕЛЬСКАЯ
В. С. МОКРУШИН**

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ, БИОТЕХНОЛОГИЯ:

**СОДЕРЖАНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ
ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ
РАБОТЫ МАГИСТРА**

Учебно-методическое пособие

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б. Н. ЕЛЬЦИНА

М. А. Безматерных,
Н. П. Бельская
В. С. Мокрушин

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ,
БИОТЕХНОЛОГИЯ:
СОДЕРЖАНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ
ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ
РАБОТЫ МАГИСТРА

Учебно-методическое пособие

Рекомендовано методическим советом УрФУ
для студентов, обучающихся по программе магистратуры
по направлениям подготовки 18.04.01 «Химическая технология»,
19.04.01 «Биотехнология»

Екатеринбург
Издательство Уральского университета
2017

УДК 542(07)
ББК 24.2я7
Б 398

Рецензенты:
лаборатория гетероциклических соединений
Института органического синтеза УрО РАН
(заведующий лабораторией кандидат химических наук Г. Л. Русинов);
В. Г. Бурындин, доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры технологий целлюлозно-бумажных производств
и переработки полимеров
(Уральский государственный лесотехнический университет)
Научный редактор
кандидат химических наук Е. В. Садчикова

Безматерных, М. А.
Б 398 Химическая технология, биотехнология: содержание и оформление выпускной квалификационной работы магистра : учеб.-метод. пособие / М. А. Безматерных, Н. П. Бельская, В. С. Мокрушин ; [науч. ред. Е. В. Садчикова] ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2017. — 68 с.

ISBN 978-5-7996-2147-6

В учебно-методическом пособии содержатся общие требования к структуре и содержанию выпускной квалификационной работы магистра. Изложены правила оформления пояснительных записок и графических документов в соответствии с нормативно-технической документацией. Приведены примеры основных тепловых расчетов основного оборудования.

Рекомендуется студентам, обучающимся по программе магистратуры, для подготовки выпускной квалификационной работы и для выполнения междисциплинарных курсовых проектов.

УДК 542(07)
ББК 24.2я7

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	4
ВВЕДЕНИЕ	6
1. ВИДЫ ВКР (ДИССЕРТАЦИИ) МАГИСТРА, РАЗДЕЛЫ	8
1.1. Научно-исследовательские работы магистра	9
1.1.1. Введение	10
1.1.2. Литературный обзор	11
1.1.3. Описание результатов исследования	11
1.1.4. Экспериментальная часть	12
1.1.5. Выводы	14
1.1.6. Технологическая часть	15
1.1.7. Заключительные разделы ВКР	16
1.2. Технологические работы магистра	16
1.2.1. Основные разделы технологической диссертации	16
1.2.2. Тепловой расчет оборудования	18
1.2.3. Примеры тепловых расчетов	30
1.2.4. Заключительные разделы ВКР	42
2. БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ: ПРАВИЛА СОСТАВЛЕНИЯ	43
3. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ГРАФИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ	51
4. ПУБЛИЧНАЯ ЗАЩИТА ВКР	53
СПИСОК БИБЛИОГРАФИЧЕСКИХ ССЫЛОК	55
ПРИЛОЖЕНИЯ	58
<i>Приложение 1. Образец титульного листа выпускной квалификационной работы магистра</i>	58
<i>Приложение 2. Шаблон задания на выпускную квалификационную работу магистра</i>	59
<i>Приложение 3. Пример оформления содержания научно-исследовательской работы магистра</i>	61
<i>Приложение 4. Пример оформления содержания технологической диссертации магистра</i>	62
<i>Приложение 5. Пример оформления реферата ВКР магистра</i>	63
<i>Приложение 6. Пример оформления аннотации</i>	64
<i>Приложение 7. Пример оформления перечня условных сокращений</i>	65
<i>Приложение 8. Пример оформления таблицы спектральных характеристик</i>	66

ПРЕДИСЛОВИЕ

В соответствии с законом Российской Федерации «Об образовании» итоговая государственная аттестация выпускника, завершающего обучение по основной образовательной программе высшего образования в учебном заведении, является обязательной и включает государственный экзамен и защиту выпускной квалификационной работы (ВКР) [1]. Итоговые аттестационные испытания предназначены для определения практической и теоретической подготовленности будущего бакалавра к выполнению профессиональных задач, установленных Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) и основной образовательной программой по направлению (специальности), и завершаются выдачей диплома государственного образца, свидетельствующего об уровне образования и квалификации.

Выпускная квалификационная работа выпускника магистратуры выполняется в виде магистерской диссертации в период выполнения научно-исследовательской работы (НИР) и прохождения практики и представляет собой самостоятельную и логически завершенную работу, связанную с решением задач того вида деятельности, к которому готовится магистр (научно-исследовательской, научно-производственной, проектной и др.). Тематика магистерских диссертаций должна быть направлена на решение творческих, инновационных и научно-исследовательских задач в профессиональной области, определенной магистерской программой.

Магистерские диссертации предполагают анализ и обработку информации, полученной в результате изучения широкого круга источников, научной литературы, анализ, обработку, систематизацию данных, полученных в ходе теоретического и экспериментального изучения объектов профессиональной деятельности.

ВКР выполняется и защищается в соответствии с Порядком проведения итоговой государственной аттестации по образовательным программам бакалавриата, специалитета и программам магистратуры СМК-ПВР-6.1.65–2015 [2].

Требования к оформлению основных разделов магистерской диссертации, выполненной по результатам НИР, близки к ВКР бакалавра, но существенно отличаются по объему представляемого материала. Правила оформления диссертаций магистра и кандидата наук приведены в [3], однако это пособие носит книговедческий характер и не учитывает особенности химической литературы. Поэтому следует пользоваться данным пособием.

Некоторые разделы ВКР бакалавра и магистра выполняются по единым требованиям, поэтому при написании магистерской диссертации полезно также ознакомиться с учебно-методическим пособием «Содержание и оформление выпускной квалификационной работы бакалавра» [5].

ВВЕДЕНИЕ

В аспирантуру (адъюнктуру), ординатуру, интернатуру государственных и муниципальных высших учебных заведений, образовательных учреждений дополнительного профессионального образования, научных организаций и для обучения в форме ассистентуры-стажировки в указанных образовательных учреждениях на конкурсной основе принимаются граждане Российской Федерации, имеющие высшее профессиональное образование, подтвержденное дипломом специалиста или дипломом магистра [1].

Магистр (от лат. *magister* — наставник, учитель) — академическая степень, квалификация (в некоторых странах — ученая степень), приобретаемая студентом после окончания магистратуры. Магистратура — ступень высшего образования, следующая после бакалавриата, позволяющая углубить специализацию по определенному профессиональному направлению. Существуют разные степени магистра (англ. *Master*) в Западной Европе и США, например:

Master of Arts, M. A. (рус. Магистр искусств), присуждается в гуманитарных областях знания;

Master of Science, M. Sc. (рус. Магистр наук), присуждается в точных и естественных науках;

Master of Business Administration, MBA (рус. Магистр делового администрирования);

Legum Magister (Master of Laws), LL. M (рус. Магистр права);

Master of Public Administration, MPA (рус. Магистр государственного управления);

Master of Engineering, M. Eng. (рус. Магистр технических наук).

В XIX в. выпускникам ведущих университетов, получивших диплом с отличием, присваивалась степень «кандидат наук». Требования к российской ученой степени магистра примерно соответствовали степени «доктор философии» в странах Европы того

времени. Так, ученая степень доктора философии, полученная в университетах этих стран, приравнивалась к степени магистра, причем лишь после соответствующей аттестации в университете. В 1884 г. в России отменяется кандидатская степень и утверждается система магистр — доктор. В 1917 г. в России упраздняются все научные степени и до 1934 г. ученых степеней нет. Положение магистратуры в современной российской системе образования двойственное. С одной стороны, это система повышения квалификации бакалавров и специалистов, с другой стороны, квалификация «магистр» приравнивается к квалификации выпускников вузов.

Магистр по соответствующему направлению в целом соответствует степени Master of Engineering. Нормативный срок программы подготовки магистра (при очной форме обучения) — 2 года. Однако предварительно студент должен освоить программу подготовки бакалавра (4 года) или специалиста (5 лет). Квалификация присваивается по результатам защиты магистерской диссертации на заседании Государственной аттестационной комиссии и дает право поступления в аспирантуру. После 31 декабря 2010 г. квалификации (степени) бакалавра и магистра стали основными для выпускников российских вузов (Болонский процесс). Таким образом, в настоящее время магистры занимают промежуточное положение между специалистом и кандидатом наук. Во многих случаях магистерская диссертация (ВКР) является заделом для выполнения кандидатской диссертации. При поступлении в аспирантуру магистры имеют преимущество перед специалистами, так как имеют научный материал, который может при продолжении работы развиваться в кандидатскую диссертацию. Это особенно важно при проведении трудоемких экспериментальных исследований. На производстве магистры имеют те же перспективы, как и специалисты. Однако их преимуществом является то, что они имеют опыт проведения экспериментальных исследований в большем объеме, чем специалисты и более приспособлены к инновационной работе.

1. ВИДЫ ВКР (ДИССЕРТАЦИИ) МАГИСТРА, РАЗДЕЛЫ

По содержанию и разделам ВКР научно-исследовательского и технологического характера различаются. Последние направлены на разработку проекта нового или модернизацию существующего производства. Тематика может предусматривать не только индивидуальные работы, но и проекты, выполняемые группой студентов (комплексные, большие по объему инженерные задания), что позволяет усилить и индивидуализировать проработку каждой части проекта и в целом повысить технический уровень ВКР.

Правила оформления диссертации магистра приведены в [3, 4]. Однако в данных источниках приводятся лишь общие сведения. В данном пособии они конкретизированы.

Магистерская диссертация не должна превышать 80 стр., размер шрифта (как правило, Times New Roman или Arial) — 14 или 12, интервал 1 или 1,5 соответственно. Работа должна быть напечатана на стандартном листе писчей бумаги в формате А4. Поля должны оставаться по всем четырем сторонам печатного листа: левое поле — 35 мм, правое — не менее 10 мм, верхнее и нижнее — не менее 20 мм. Расстояние между заголовком и текстом при выполнении документа должно быть равно трем интервалам. Расстояние между заголовками раздела и подраздела — 2 интервала. Первая строка абзаца начинается с отступа в 1,25 см.

Страницы должны иметь сквозную нумерацию. Первой страницей является титульный лист установленного образца (Приложение 1), титульный лист не нумеруется. Правила оформления титульного листа описаны в учебно-методическом пособии, где содержатся общие требования к оформлению выпускной квалификационной работы бакалавра [5]. При оформлении титульного листа следует также пользоваться Общероссийским

классификатором продукции [6]. Второй лист — задание на выполнение ВКР, утвержденное заведующим кафедрой (Приложение 2). Задание оформляется с двух сторон листа и в двух экземплярах. Второй экземпляр задания передается в личное дело выпускника.

Затем следует содержание (оглавление) с указанием номеров страниц (Приложения 3, 4). Следующей страницей — реферат, в котором приводят тему проекта; количество страниц пояснительной записки, а также количество рисунков, таблиц и библиографических наименований; ключевые слова; задачи и цель проекта; новшества и усовершенствования, внесенные в проект; результаты работы, области возможного применения результатов работы, перспективы ее развития. Ориентировочный объем реферата 3 000 знаков (примерно 0,75 листа формата А4). Далее приводится аннотация на русском и английском языках. В аннотации указываются основные научные результаты работы. Пример оформления реферата и аннотации приведен в Приложениях 5, 6.

Если в пояснительной записке используются не общеизвестные или неметрические сокращения физических величин, то необходимо привести перечень сокращений (Приложение 7).

1.1. Научно-исследовательские работы магистра

Первая часть ВКР магистра содержит результаты самостоятельной научно-исследовательской работы.

Вторая часть является учебной, позволяющей оценить уровень технологической подготовки студента.

Тема ВКР магистра, как правило, является одним из этапов плановой госбюджетной или хоздоговорной тематики кафедры и является заделом будущей кандидатской диссертации. В связи с этим структура пояснительной записки данной части ВКР должна соответствовать требованиям ВАК к кандидатским диссертациям. В связи с тем, что написание пояснительной записки ВКР, так же как статьи и диссертации, является творческим

процессом автора и руководителя, ряд положений данного пособия носит рекомендательный характер. Тема магистерской работы разрабатывается студентом и руководителем и утверждается заведующим кафедрой.

1.1.1. Введение

Так же как и в ВКР бакалавра, во введении необходимо раскрыть актуальность проведения НИР в выбранном направлении. Необходимо кратко показать достижения предыдущих исследователей. Сформулировать нерешенные вопросы, которые позволят получить новые синтетические, или теоретические, или практически значимые результаты. Проблема может быть сформулирована широко, а в диссертации магистра она должна быть конкретизирована. Не следует в актуальности приводить фразы типа: «...в ряду пиримидинов (пиразолов, имидазолов, триазинов и т. д.) имеются активные препараты, поэтому поиск новых соединений является актуальной задачей» или «...с помощью данной реакции получен ограниченный ряд соединений, поэтому актуальной задачей является расширение этого ряда». Рамки обоснования выбранной проблемы должны быть существенно шире, чем в ВКР бакалавра. Практически они могут совпадать с теми, которые будут поставлены в будущей кандидатской диссертации. Отсутствие конкретизации проблемы, которая может быть разрешена при выполнении магистерской (или кандидатской) диссертации, является существенным недостатком. Приведение ссылки на то, что работа выполнялась в соответствии с хоздоговором с предприятием, по гранту № ... или Госпрограмме, желательно. В этом случае работа прошла рецензирование и ее актуальность подтверждена независимой экспертизой.

Важным является формулировка *цели работы*. Требования к постановке цели работы, научной новизне и практической значимости приведены в пособии по выпускной работе бакалавра [5]. Следует лишь отметить, что в отличие от ВКР бакалавра в научной новизне фраза: «...впервые удалось получить соединения, содержащие электроноакцепторные (электронодонорные) заместители,

которые ранее не удалось синтезировать» недостаточна. Необходимо указать: «Разработаны новые методы синтеза ранее недоступных соединений, выявлены некоторые закономерности их получения». Если закономерности выявлены, то их необходимо привести. Введение в ВКР не нумеруется.

1.1.2. Литературный обзор

Объем литературного обзора в диссертации магистра не может превышать 20–25 стр. Ссылки указываются в квадратных скобках в порядке возрастания от [1] к [44]. Подробно с привлечением оригинальных публикаций следует рассмотреть вопросы, близкие к теме. Анализ литературных данных должен привести автора к выводам — формулировке цели и задач исследования. Нумерация соединений сквозная как в литературном обзоре, так и в главах, описывающих собственный эксперимент. Схемы превращений могут иметь свои номера, но могут и не нумероваться по усмотрению автора. Схема от текста отделяется сверху и снизу на 0,3–0,5 см. Выделение схемы осуществляют, включая формат объекта, либо устанавливая межстрочный интервал, либо другим удобным для автора способом. В ВКР литературный обзор нумеруется как *раздел 1*.

1.1.3. Описание результатов исследования

Полученный экспериментальный материал собственных исследований излагают в одной или двух главах (по согласованию с руководителем). Правила оформления результатов идентичны как для ВКР бакалавра, так и диссертации магистра или кандидата наук [3–5].

Для доказательства структуры полученных соединений привлекаются данные рентгеноструктурного анализа (РСА), спектры ЯМР, ИК и УФ. По тексту пояснительной записки приводится рисунок РСА, а полные данные выносятся в приложение. В тех случаях, когда для доказательства строения необходимо рассмотрение спектров ЯМР, приводится их полная распечатка либо

фрагментов спектра, которые обсуждаются. Если спектр довольно простой, то достаточно его текстового рассмотрения, а величины химических сдвигов и констант спин-спинового взаимодействия приводятся в экспериментальной части. Данные ИК (величины характеристичных колебаний групп) и УФ-спектра также могут быть приведены в текстовом виде, но должны быть приведены в экспериментальной части. То же относится и к спектрам люминесценции и флюоресценции. Они являются практическим достижением автора. При их значительном объеме следует в первой главе рассмотреть синтез, а во второй практически важные результаты (по усмотрению автора и руководителя). В последних случаях важен квантовый выход и вид самого спектра, поэтому их рисунок надо приводить в первой либо во второй главе.

В конце главы возможно приведение заключения, которое обобщает научные и практические достижения ВКР. Заключение может быть полезно, так как это позволит студенту в конце доклада на защите ВКР подвести итог своей работы, обратить внимание на главные и существенные достижения. В заключении обычно приводятся формулировки научной новизны и практической значимости работы (обычно те же самые, что и во введении). Первая глава ВКР нумеруется как *раздел 2*.

1.1.4. Экспериментальная часть

Глава начинается с приведения названий приборов, с помощью которых получены спектральные и аналитические характеристики соединений. Например [7]:

Для спектральных исследований использовались аналитически и хроматографически чистые образцы. Масс-спектры сняты на газовом хроматомасс-спектрометре GCMS-QP2010 Ultra фирмы Shimadzu (ЭУ, 70 эВ) и на хроматографе 6890 с автосемплером 7683B и масс-селективным детектором 5975B фирмы Agilent Technologies (ЭУ, 70 эВ). Спектры ЯМР ^1H и ^{13}C записаны на приборах Bruker DRX-400 (400 МГц) и Bruker AVANCE II 400 МГц, внутренний стандарт TMS, растворитель $\text{DMSO-}d_6$. ИК-спектры сняты на ИК-спектрометре

с фурье-преобразованием Bruker «Tensor 27», приборе Varian 800 FT-IR Scimitar Series и ИК-фурье спектрометре Nicolet 380 FT-IR Thermo Electron Corporation.

Для контроля за ходом реакции и индивидуальностью полученных соединений использовался метод ТСХ на пластинках Silufol UV-254 и Sorbifil UV-254 (тип сорбента — силикагель СТХ-1А) в системах растворителей: а) бутанол — уксусная кислота — вода, 4 : 1 : 1; б) хлороформ — этанол, 3 : 1; в) хлороформ — этанол, 6 : 1.

В квалификационной работе приведение результатов элементного анализа обязательно. Если серия веществ получена по одной методике, то она приводится для одного из них. Для остальных указывается, что они получены аналогично. Но все их физико-химические характеристики должны быть сведены в таблицу или приведены после названия и номера соединения.

Названия веществ должны соответствовать номенклатуре IUPAC. В качестве примера приводится методика из [7]:

Алкилирование 5-нитро-2-пиридона (3). Общая методика

Смесь 0,414 г (3 ммоль) K_2CO_3 , 6 мл ацетона и 0,28 г (2 ммоль) 5-нитро-2-пиридона нагревали с обратным холодильником в течение 15 мин. Затем добавляли раствор 3 ммоль галогеналкена **2а-с** в 1 мл ацетона и нагревали с обратным холодильником в течение 9 ч. После охлаждения фильтровали, фильтрат испаряли. Остаток обрабатывали CH_2Cl_2 , отфильтровывали и испаряли CH_2Cl_2 , образовывалась смесь N- и O-производных.

Для отделения N-производных остаток после испарения CH_2Cl_2 обрабатывали гексаном трижды по 3 мл, сливали гексановый раствор, при стоянии нерастворимая часть кристаллизовалась.

1-Аллил-5-нитро-2-пиридон (3а). Выход 0.194 г (61 %), т. пл. 52 °С. Спектр ЯМР 1H (400 МГц), δ , м. д.: 4.65 тд (2H, NCH_2 , J 5.6, 1.3 Гц), 5.22 м (2H, $=CH_2$), 5.97 тдд (1H, $CH=$, J 17.0, 10.4, 5.7 Гц), 6.52 д (1H, H^3 , J 10.0 Гц), 8.15 дд (1H, H^4 , J 10.0, 3.1 Гц), 9.13 д (1H, H^6 , J 3.1 Гц). Спектр ЯМР ^{13}C (400 МГц), δ , м. д.: 51.34 (C^7), 118.37 (C^9), 118.60 (C^3), 130.05 (C^5), 132.32 (C^8), 133.54 (C^4), 141.51 (C^6), 160.64 (C^2). Масс-спектр, m/z ($I_{отн}$, %): 180 (77.3) [M] $^+$, 179 (67.7) [$M - H$] $^+$, 165 (50.1) [$M - CH_3$] $^+$, 164 (8.0) [$M - O$] $^+$, 163 (56.2) [$M - OH$] $^+$, 162 (28.9), 151 (7.4), 146 (5.5), 145 (36.5), 141 (9.0), 134 (6.3) [$M - NO_2$] $^+$, 133 (52.1) [$M - HNO_2$] $^+$, 132 (27.8), 124 (15.6), 119 (17.9), 117 (32.1), 106 (4.8), 105 (8.7), 104 (9.3),

95 (9.2), 94 (4.6), 93 (4.6), 80 (9.2), 79 (32.6), 78 (19.4), 77 (13.4), 68 (7.3), 67 (8.1), 66 (7.9), 65 (5.7), 64 (5.0), 54 (5.7), 53 (31.6), 52 (11.5), 51 (24.0), 50 (7.5), 41 (100) $[M - C_5H_3N_2O_3]^+$, 40 (6.8), 39 (50.7), 38 (11.3). Найдено, %: С 53.36; Н 4.44; N 15.59. $C_8H_8N_2O_3$. Вычислено, %: С 53.33; Н 4.48; N 15.55. M 180.16.

Очень часто данные физико-химических исследований и элементного анализа приводят в табличной форме (пример в Приложении 8), это экономит объем пояснительной записки ВКР, но затрудняет чтение и анализ документа.

Обычно физико-химические исследования проводятся в специализированных лабораториях не самим автором. Поэтому следует выразить благодарность тем, кто их проводил.

Вторая глава (экспериментальная часть) нумеруется в ВКР как *раздел 3*.

1.1.5. Выводы

Этот раздел пояснительной записки ВКР обязателен. Наличие заключения не заменяет его. В краткой форме необходимо сформулировать наиболее важные результаты работы. Вывод: «Синтезирован ряд производных...» не является выводом — это лишь констатация факта. Та же фраза, но с указанием практической направленности уже вполне приемлема: «Синтезирован и наработан в достаточных количествах ряд производных..., перспективных для изучения... (в соответствии с целью работы)». В качестве примера можно привести также следующие формулировки выводов: «Разработан новый метод получения..., что позволяет синтезировать ранее недоступные соединения»; «Найдены условия проведения реакции..., позволяющие получить соединения... с электронодонорными (электроноакцепторными) заместителями»; «Изучена реакция... и найдены закономерности, определяющие границы ее применения. Наличие электроноакцепторных заместителей затрудняет ее проведение». Выводы нумеруются в ВКР как *раздел 4*.

В докладе на защите ВКР в презентации необходимо показать слайд с выводами. Выигрышно будет не зачитывать их, а сделать

закключение, к тому же это позволит сэкономить время доклада, который не должен занимать более 10–12 мин.

1.1.6. Технологическая часть

В связи с тем, что оба направления — 18.04.01 и 19.04.01 — являются технологическими, в диссертации магистра должна присутствовать технологическая часть.

Для научно-исследовательских работ в качестве основы технологической части выбираются одна или две реакции собственной разработки. Количество реакций зависит от объема исследовательской работы, при большом объеме — одна, при малом — две. Это зависит от мнения руководителя и определяется тем, что необходимо иметь объем диссертации, не превышающий 80 стр. (за исключением таблиц и библиографии). Мощность проектируемого производства составляет 100 кг конечного продукта (совмещенная опытно-промышленная схема). Возможно проектирование и исходного продукта, который может иметь сбыт. Тогда мощность производства будет зависеть от экономического обоснования и может быть промышленной технологической схемой. Это основная категория постоянно действующих схем, на которых осуществляется производство крупнотоннажной продукции в течение длительного времени эксплуатации.

В технологической части приводится описание конечного продукта и обоснование необходимости его наработки (0,5 стр.). Создаются принципиальная технологическая (блок-схема) и аппаратурная схемы. Приводятся описание технологического процесса, таблицы материального баланса по всем технологическим стадиям с приведением таблицы материального индекса производства (подробный расчет материального баланса приводить не нужно), краткие технологические расчеты основного оборудования и ведомость спецификации оборудования.

Основные принципы создания аппаратурной совмещенной опытно-промышленной установки приведены в пособии по оформлению выпускной работы бакалавра [5].

1.1.7. Заключительные разделы ВКР

Как указывалось, выводы приводятся после экспериментальной части. В связи с тем, что часто ГЭК научно-исследовательские работы рекомендует для участия в конкурсах студенческих НИР, то в конце технологической части делается заключение с перечислением выполненных разделов, а не общие выводы.

В заключении для научно-исследовательских диссертаций необходимо сформулировать основные положения полученной научной новизны и практической значимости.

Завершает работу список библиографических ссылок (общий как по первой части работы, так и по второй).

1.2. Технологические работы магистра

1.2.1. Основные разделы технологической диссертации

В отличие от технологических ВКР бакалавров, в магистерской диссертации технологической направленности проектируется новое или модернизируется действующее производство. При этом рассматривается производство целиком, от исходного сырья до получения целевого продукта. Второй отличительной особенностью является то, что необходимо в лаборатории провести экспериментальную работу по модернизации, как минимум, одной из стадий процесса. Описание лабораторного эксперимента и экспериментальной части проводят по правилам, изложенным в разделе 1.1.4.

Разделы диссертации магистра:

- введение;
- литературный обзор (*раздел 1*);
- цель работы (*раздел 2*);
- лабораторный эксперимент с предложением модернизации производства (*раздел 3*);
- описание технологического процесса (*раздел 4*);

- расчет материального баланса на единицу продукции (кг, т, дал и т. д.) по всем технологическим стадиям с приведением таблицы материального индекса производства (раздел 5);
- технологические расчеты оборудования (раздел 6);
- тепловой расчет оборудования (раздел 7);
- природопользование и охрана окружающей среды (раздел 8);
- экономическое обоснование (при необходимости, раздел 9);
- заключение (выводы);
- библиографические ссылки;
- приложения.

Требования к каждому из разделов аналогичны требованиям к ВКР бакалавра [5]. Отличием является более подробный литературный обзор, позволяющий выявить лимитирующую стадию производства и наметить экспериментальные методы для ее улучшения (модернизации). Если магистерская диссертация посвящена производству активных фармацевтических субстанций и отдельных видов лекарственных средств, при описании технологического процесса необходимо руководствоваться стандартами GMP, GLP и GCP [8–10].

В разделе «Технологические расчеты оборудования» необходимо сравнить существующие на производстве аппараты с более эффективными современными видами оборудования. Если магистерская диссертация связана с биологической очисткой сточных вод, при технологических расчетах оборудования необходимо руководствоваться СНиП [11].

Все материальные и технологические расчеты выполняются в соответствии со специальной и справочной литературой [12–21], а также методическими указаниями [5, 22–24].

В связи с тем, что квалификация (степень) «магистр» соответствует квалификации «специалист» и в некоторой степени ее превосходит, в производственной диссертации магистра необходимо проводить тепловой расчет для всех аппаратов, где происходит теплообмен.

1.2.2. Тепловой расчет оборудования

В начале теплового расчета для установок периодического действия (РПД) приводят температурный график технологического процесса и тепловые балансы, составленные для каждой ступени процесса. Далее приводят исходные данные и расчеты всех составляющих теплового баланса по всем ступеням температурного режима. Результаты расчета должны сопровождаться выводами, в которых указываются рекомендуемые теплоизоляционные материалы, необходимые площади поверхностей теплообменных устройств, энергозатраты по отдельным ступеням и по стадиям в целом (расход пара, воды, холодильных агентов, электроэнергии и т. д.). В этом же разделе перечисляются основные мероприятия по энергосбережению, которые подробно рассматриваются в разделе «Природопользование и охрана окружающей среды».

Целью теплового расчета реактора является:

- проверка достаточности поверхности теплообмена реактора путем сравнения величины расчетной поверхности ($F_{\text{расч}}$) с имеющейся у выбранного аппарата геометрической теплообменной поверхностью ($F_{\text{геом}}$);
- определение расхода теплоносителя или охлаждающего агента;
- расчет необходимой толщины тепловой изоляции реактора.

Общее уравнение теплового баланса реактора

Все тепловые расчеты базируются на законе сохранения энергии (в данном случае тепловой).

Уравнение теплового баланса можно представить в следующем виде:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_4 + Q_5 + Q_6, \quad (1)$$

$$Q_{\text{прих}} = Q_{\text{расх}}.$$

Размерности $Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5, Q_6$ — кДж/опер или кДж/ч, где Q_1 — теплосодержание смеси исходных веществ при загрузке в реактор;

Q_2 — тепло, которое необходимо подвести к реакционной массе или отвести от нее для обеспечения нужного температурного режима процесса (искомая величина);

Q_3 — тепловой эффект процесса;

Q_4 — теплосодержание реакционной массы (продуктов реакции) при соответствующей температуре;

Q_5 — расход тепла на нагревание реактора (не определяют для непрерывного процесса вследствие малого вклада этой величины в тепловой баланс проточного реактора);

Q_6 — тепловые потери в окружающую среду.

Тепловой баланс составляется на одну операционную загрузку реагентов при расчете периодического реактора и на часовую производительность — при расчете реактора непрерывного действия.

Расчет отдельных составляющих теплового баланса реактора

Расчет Q_1 и Q_4

Расчет этих величин производится по общей формуле

$$Q_{(1,4)} = G_i \cdot C_i \cdot T_i \quad (2)$$

где G_i — масса i -го вещества, кг/опер или кг/ч;

C_i — теплоемкость i -го вещества, кДж/(кг · град);

T_i — температура i -го вещества, К.

Теплоемкости веществ находят в справочной литературе [12–16], а при отсутствии справочных данных вычисляют через атомные теплоемкости элементов.

Следует отметить, что величины теплоемкостей органических веществ с ковалентными связями (за исключением галогензамещенных углеводородов) находятся в интервале 1,26–1,68 кДж/(кг · град).

При составлении теплового баланса мощностей тепловых потоков (в Вт) следует использовать секундные количества перерабатываемых веществ.

Температуры веществ T_i определяются регламентом производства.

Расчет величины Q_3

В величину Q_3 включают собственно тепловой эффект химической реакции и теплоту физико-химических процессов, которые могут сопровождать химическое превращение:

$$Q_3 = Q_p + Q_{\text{физ}}, \quad (3)$$

где Q_p — теплота химической реакции, кДж/опер или кДж/ч;
 $Q_{\text{физ}}$ — теплота физико-химических процессов (например, теплота растворения, испарения и т. д.), кДж/опер или кДж/ч.

Q_p рассчитывают по формуле

$$Q_p = G_{\text{исх}} \cdot q_p \cdot \eta \cdot 1\,000 / M_{\text{исх}}, \quad (4)$$

где $G_{\text{исх}}$ — операционное или часовое количество ключевого вещества, определяющего выход целевого продукта реакции, кг/опер или кг/ч.

Напомним, что в данном случае под ключевым веществом следует понимать тот реагент, который участвует в химической реакции в стехиометрическом количестве;

$M_{\text{исх}}$ — молярная масса ключевого вещества, кг/кмоль;

q_p — молярный тепловой эффект химической реакции, кДж/моль;

1 000 — коэффициент пересчета кмоль в моль;

η — практический выход продукта реакции, доли единицы.

Молярные теплоты некоторых химических реакций органических соединений приведены в справочной литературе [12, 16].

При отсутствии литературных данных q_p находят по формуле (следствие закона Гесса):

$$q_p = \Sigma q_o^{\text{прод}} - \Sigma q_o^{\text{исх}}, \quad (5)$$

где $\Sigma q_o^{\text{прод}}$ — теплоты образования продуктов реакции из элементов, кДж/моль;

$\Sigma q_o^{\text{исх}}$ — теплоты образования исходных веществ из элементов, кДж/моль.

Теплоты образования продуктов реакции и исходных реагентов могут быть найдены в справочниках физико-химических величин [12, 15, 16].

При отсутствии справочных данных q_o органических соединений (ОС), находящихся в растворе или в жидкой фазе, на основании закона Гесса находят по формуле

$$q_o = \Sigma n \cdot q_a - q_{cr}, \quad (6)$$

где q_a — теплота сгорания элемента, атомы которого входят в молекулу органического соединения, кДж/моль;

n — число одноименных атомов в молекуле;

q_{cr} — теплота сгорания органического соединения, кДж/моль.

Теплоты сгорания элементов, обычно входящих в состав органических молекул, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Теплоты сгорания элементов

Элемент	q_a	Элемент	q_a
Углерод	395,5	Азот	0
Водород	144,6	Кислород	0
Хлор	0	Фтор	173,5
Бром, йод	0	Сера	290,4

При отсутствии экспериментальных данных о q_{cr} их величины можно рассчитать по формуле Караша:

$$q_{cr} = 109,15 \cdot n + \Sigma \Delta \cdot \zeta, \quad (7)$$

где n — число электронов, перемещающихся к кислороду при сгорании атомов элементов, образующих молекулу ОС;

Δ — тепловая поправка для соответствующего заместителя, кДж/моль;

ζ — число одинаковых заместителей в молекуле.

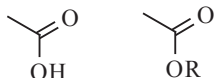
Величины тепловых поправок приведены в литературе [15]. Число электронов, перемещающихся к кислороду при сгорании атомов элементов, определяют по формуле

$$n = C_4 \cdot 4 + C_3 \cdot 3 + C_2 \cdot 2 + C_1 \cdot 1 + H_1 \cdot 1, \quad (8)$$

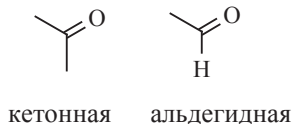
где C_4, C_3, C_2, C_1 — число атомов углерода, в которых при сгорании перемещается соответственно 4, 3, 2, 1 электронов;

H_1 — число атомов водорода, в которых перемещаются электроны.

В число C_1 включаются атомы углерода, входящие в состав карбоксильных или сложноэфирных групп:



В число C_2 входят атомы углерода в составе карбонильных групп:



В число C_3 включаются атомы углерода, связанные с заместителями $C-X$, где $X = -OH$; $-OR$; галоген, сульфогруппа ($-SO_3H$) и нитрогруппа ($-NO_2$). Все остальные атомы C в молекуле образуют число C_4 . Величина H_1 для гидроксильной группы ($-OH$) равна нулю. Таким образом, для расчета $q_{сг}$ необходимо использовать структурную формулу органического соединения, а для расчета $n \cdot q_a$ — его брутто-формулу.

При определении величины q_o газообразного или твердого ОС вводят поправки на агрегатное состояние вещества. В этом случае:

$$q_o = n \cdot q_a - q_{сг} - q_{исп} \text{ или } q_o = n \cdot q_a - q_{сг} + q_{пл},$$

где $q_{исп}$ — теплота испарения жидкого органического вещества, кДж/моль;

$q_{пл}$ — теплота плавления твердого вещества, кДж/моль.

Теплоты испарения и плавления целесообразно брать из справочников, а при отсутствии информации их величины можно приближенно рассчитать по формулам:

$$q_{\text{исп}} = K_{\text{исп}} \cdot T_{\text{к}} / 1\,000, \text{ кДж/моль},$$

где $K_{\text{исп}} = 88 + 4$ — эмпирическая константа;

$T_{\text{к}}$ — температура кипения вещества, К;

$$q_{\text{пл}} = K_{\text{пл}} \cdot T_{\text{пл}} / 1\,000, \text{ кДж/моль},$$

где $K_{\text{пл}} = 54 + 13$ — эмпирическая константа;

$T_{\text{пл}}$ — температура плавления, К.

Величины физических составляющих ($Q_{\text{физ}}$) теплового эффекта процесса ($Q_3 = Q_{\text{р}} + Q_{\text{физ}}$) определяют для конкретного типа реакции с учетом ее специфики (сульфирование, нитрование, галогенирование и т. д.). В настоящее время теплоты сгорания определяют с помощью квантово-химических расчетов.

Расчет Q_5

Расход тепла на нагревание отдельных частей реактора периодического действия определяют по формуле

$$Q_5 = G_i \cdot C_i \cdot (t_{\text{кон}} - t_{\text{нач}})_i,$$

где G_i — массы отдельных частей аппарата и изоляции, кг;

C_i — теплоемкости материалов частей аппарата, кДж/(кг · град);

$t_{\text{кон}}$ — конечная температура i -й части аппарата, °С;

$t_{\text{нач}}$ — начальная температура i -й части аппарата, °С.

Массы частей аппарата берутся из его технического паспорта, теплоемкости — из справочной литературы. Температуры отдельных частей аппарата определяются из конкретных данных температурного режима и условий нагревания или охлаждения.

В технических тепловых расчетах, допускающих определенную погрешность, при определении величины Q_5 можно использовать следующие рекомендации относительно конечных температур отдельных частей реактора. Температуру мешалки можно

принять равной температуре реакционной массы ($t_{\text{меш}} = t_{\text{рм}}$). Конечную температуру стенки корпуса реактора, его крышки и стенки рубашки — равной температуре теплоносителя (пара). При использовании в качестве теплообменного устройства внутреннего змеевика температуру корпуса реактора можно приравнять к температуре реакционной массы, а температуру змеевика принять равной температуре теплоносителя.

Температуру наружной поверхности теплоизоляции при нагревании принимают равной 40 °С (с учетом требований техники безопасности).

Расчет Q_6 и необходимой толщины теплоизоляции

Для пояснения расчета Q_6 и толщины теплоизоляции рассмотрим схему теплопередачи от теплоносителя через стенку рубашки и изоляцию к окружающей воздушной среде (рис. 1).

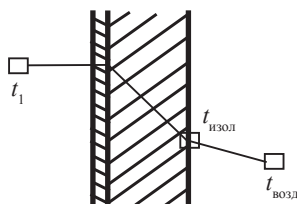


Рис. 1. Схема теплопередачи от теплоносителя через стенку рубашки и изоляцию к окружающей воздушной среде:

t_1 — температура теплоносителя; $t_{\text{изол}}$ — температура наружной поверхности теплоизоляции; $t_{\text{возд}}$ — температура воздуха в производственном помещении (принимается равной 20 °С)

Потери тепла от реактора в окружающую среду рассчитывают по формуле

$$Q_6 = \alpha_{\text{возд}} \cdot F_{\text{изол}} \cdot \tau \cdot (t_{\text{изол}} - t_{\text{возд}}), \quad (9)$$

где $\alpha_{\text{возд}}$ — коэффициент теплопередачи от стенки к воздуху, учитывающий передачу тепла как конвекцией, так и лучеиспусканием, Вт/(м² · К),

$$\alpha_{\text{возд}} = 9,74 + 0,07 \cdot (t_{\text{изол}} - t_{\text{возд}}); \quad (10)$$

$F_{\text{изол}}$ — площадь поверхности изоляции реактора, через которую тепло теряется в окружающую среду, м^2 ;

τ — продолжительность тепловой ступени процесса, с.

Для определения $F_{\text{изол}}$, а затем Q_6 необходимо предварительно рассчитать толщину слоя теплоизоляции ($\delta_{\text{изол}}$), при которой $t_{\text{изол}}$ будет равной 40°C . Эта задача решается следующим образом. Для установившегося (стационарного) процесса теплопередачи справедливо равенство

$$Q_6 = k \cdot F_{\text{изол}} \cdot \tau \cdot (t_1 - t_{\text{возд}}) = \alpha_{\text{возд}} \cdot F_{\text{изол}} \cdot \tau \cdot (t_{\text{изол}} - t_{\text{возд}}), \quad (11)$$

где k — общий коэффициент теплопередачи от теплоносителя к воздуху, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Величину k находят из вышеприведенного соотношения таким образом:

$$k = \alpha_{\text{возд}} \cdot (t_{\text{изол}} - t_{\text{возд}}) / (t_1 - t_{\text{возд}}).$$

С другой стороны, как следует из теории теплопередачи:

$$k = 1 / \alpha_{\text{тепл}}^{-1} + \delta_{\text{ст}} / \lambda_{\text{ст}} + \delta_{\text{изол}} / \lambda_{\text{изол}} + \alpha_{\text{возд}}^{-1} \quad (12)$$

Вычислив величину k и подставив $\lambda_{\text{изол}}$ для выбранного теплоизоляционного материала, из последнего выражения находят толщину слоя теплоизоляции $\delta_{\text{изол}}$. С учетом толщины ($\delta_{\text{изол}}$) изоляции определяют ее поверхность ($F_{\text{изол}}$) и затем рассчитывают Q_6 .

При известных значениях $\delta_{\text{изол}}$ и геометрических размерах реактора можно рассчитать объем и массу теплоизоляции, а также расход тепла на ее нагревание, что сделает более точным расчет Q_5 .

Для информации в табл. 2 приведены коэффициенты теплопроводности некоторых материалов при $0-100^\circ\text{C}$ и их плотность.

Для аппаратов объемом $V < 6,3 \text{ м}^3$ обычно применяют асбоцементную изоляцию, которую после высыхания красят. При объеме $V > 10 \text{ м}^3$ может быть использована стекловата или шлаковата, аппарат обворачивают пластиной изоляции, ее закрепляют обручем и также красят. Для реакторов малого объема (на $10-63 \text{ л}$)

применяют асбест, а при работе до 100 °С можно использовать пенопласт.

Таблица 2

**Коэффициенты теплопроводности некоторых материалов
при 0–100 °С [13, с. 529]**

Материал	Плотность (для сыпучих материалов насыпная плотность), кг/м ³	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м · К)
Асбест	600	0,151
Бетон	2 300	1,28
Винипласт	1 380	0,163
Войлок шерстяной	300	0,047
Кладка из обыкновенного кирпича	1 700	0,698–0,814
Кладка из изоляционного кирпича	600	0,116–0,209
Краска масляная	—	0,233
Пенопласт	30	0,047
Песок сухой	1 500	0,349–0,814
Стеклянная вата	200	0,035–0,070
Текстолит	1 380	0,244
Шлаковата	250	0,076
Эмаль	2 350	0,872–1,163

Расчет Q_2 и необходимой поверхности теплопередачи $F_{\text{расч}}$

После вычисления $Q_2 = Q_4 + Q_5 + Q_6 - Q_1 - Q_3$ находят поверхность теплопередачи из известного соотношения

$$F_{\text{расч}} = Q_2 / k \cdot \Delta t_{\text{ср}} \cdot \tau, \text{ м}^2,$$

где k — общий коэффициент теплопередачи от теплоносителя к реакционной массе, Вт/(м² · К);

$\Delta t_{\text{ср}}$ — средняя разность температур теплоносителя и реакционной массы;

τ — продолжительность процесса, с.

Рекомендуемые величины k и формулы для их расчета приводятся в литературе [13, с. 171–172].

При нагревании жидким теплоносителем и при охлаждении реактора периодического действия расчет величины $t_{\text{ср}}$ имеет некоторые особенности.

Особенности теплового расчета реактора периодического действия

Эти особенности связаны со ступенчатым изменением температуры в реакторе в ходе технологического процесса, а также с непостоянством температуры жидкого теплоносителя или охлаждающего агента на выходе из теплообменного устройства.

На рис. 2 представлен пример графика изменения температуры в ходе технологического процесса в химическом реакторе периодического действия.

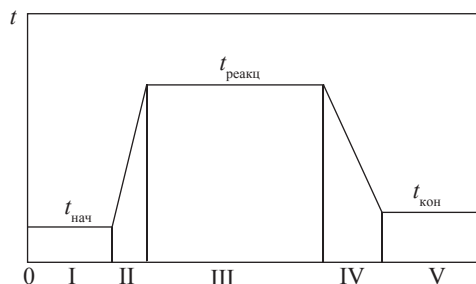


Рис. 2. График изменения температуры во времени:

- I — загрузка исходных веществ при температуре t_1 (за время τ_1);
- II — нагревание реакционной смеси до температуры начала реакции t_3 ;
- III — выдержка (химическая реакция) при постоянной температуре t_3 ;
- IV — охлаждение продуктов реакции до температуры t_2 ;
- V — выгрузка реакционной массы при температуре t_2 .

Общее уравнение теплового баланса преобразуется для каждой ступени температурного режима процесса, как показано далее.

I ступень: составление теплового баланса не требуется;

II ступень: $Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_4 + Q_5 + Q_6$, $Q_2 = Q_4 + Q_5 - Q_1$;

III ступень: $Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_4 + Q_5 + Q_6$, $Q_2 = Q_6 - Q_3$;

IV ступень: $Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_4 + Q_5 + Q_6$, $Q_2 = Q_4 + Q_5 - Q_1$;

V ступень: составление теплового баланса не требуется.

Отметим, что в случае ступенчатого температурного режима в периодическом реакторе Q_1 — это теплосодержание реакционной смеси в начале ступени, а Q_4 — теплосодержание реакционной массы в конце ступени.

Достаточность поверхности теплопередачи проверяется для каждой (i -й) ступени процесса:

$$F_{\text{расч}} = Q_2 / k \cdot (\Delta t_{\text{ср}})_i \cdot \tau.$$

Полученные величины $F_{\text{расч}}$ и $F_{\text{геом}}$ должны быть связаны соотношением $F_{\text{расч}} < F_{\text{геом}}$.

Расчет величины $\Delta t_{\text{ср}}$, расхода теплоносителя или охлаждающего агента

А. Нагревание РПД насыщенными парами теплоносителя.

Расчет $\Delta t_{\text{ср}}$ осуществляется по широко известной формуле

$$\Delta t_{\text{ср}} = \Delta t_6 - \Delta t_m / \ln(\Delta t_6 / \Delta t_m), \quad (13)$$

где Δt_6 и Δt_m — большая и меньшая разности температур теплоносителя и реакционной массы в начале и в конце процесса (температурной ступени).

Расход пара определяют по формуле

$$G_{\text{пара}} = Q_2 / i_{\text{п}} - i_{\text{к}}, \quad (14)$$

где $i_{\text{п}}$ и $i_{\text{к}}$ — теплосодержание пара и конденсата (кДж/кг) при выбранном давлении [13, с. 547–550].

Б. Нагревание РПД жидким теплоносителем

(горячей водой, жидкой дифенильной смесью и т. д.).

Вследствие непостоянства конечной температуры жидкого теплоносителя (на выходе из теплообменного устройства) расчет $\Delta t_{\text{ср}}$ производят по формуле [13]:

$$\Delta t_{\text{ср}}^{\text{нагр}} = (t_2 - t_1) \cdot (A - 1/A \cdot \ln A) / \ln(T_1 - t_1 / T_1 - t_2),$$

$$A = (T_1 - t_2) / (T_2 - t_2),$$

где t_1 — начальная температура реакционной массы, °C;

t_2 — конечная температура реакционной массы, °C;

T_1 — начальная температура жидкого теплоносителя, °C;

T_2 — конечная температура теплоносителя, °C.

Принимается условие $T_2 > t_2$.

Расход жидкого теплоносителя определяют по формуле

$$G_{\text{тепл}}^{\text{ж}} = Q_2 / c_{\text{тепл}} \cdot (T_1 - T_{2\text{ср}}), \quad (15)$$

где $T_{2\text{ср}}$ — средняя за процесс температура теплоносителя на выходе из теплообменного устройства, °C.

$$T_{2\text{ср}} = T_1 - t_{\text{ср}} \cdot \ln A. \quad (16)$$

В. Охлаждение РПД.

Температура охлаждающего агента (воды, рассола) на выходе из теплообменного устройства в периодическом процессе непрерывно изменяется и становится равной T_2 в конце процесса (тепловой ступени), когда температура охлаждаемой реакционной массы станет равной t_2 , причем ($t_2 < T_2$) [13].

$$\Delta t_{\text{ср}}^{\text{охл}} = (T_1 - T_2) \cdot (A - 1/A \cdot \ln A) / \ln(T_1 - t_1 / T_2 - t_1),$$

$$A = (T_2 - t_1) / (T_2 - t_2), \quad (17)$$

где T_1 — начальная температура охлаждаемой реакционной массы, °C;

T_2 — конечная температура реакционной массы, °C;

t_1 — начальная температура охлаждающего агента, °C;

t_2 — конечная температура охлаждающего агента, °C.

Принимается условие: $t_2 > T_2$.

Расход охлаждающего агента определяют по формуле

$$G_{\text{охл}}^{\text{ж}} = Q_2 / c_{\text{охл}}^{\text{ж}} \cdot (t_{2\text{ср}} - t_1), \text{ кг/опер или кг/ч,} \quad (18)$$

где $T_{2\text{ср}}$ — средняя за процесс температура охлаждающего агента на выходе из теплообменного устройства, °C,

$$t_{2\text{ср}} = t_1 + \Delta t_{\text{ср}}^{\text{охл}} \cdot \ln A.$$

Результаты теплового расчета теперь могут быть использованы для проектирования технологической установки.

1.2.3. Примеры тепловых расчетов

Пример 1. Тепловой расчет заторно-сусоварочного котла ЗСК-1 (стадия варки сусла).

1) Строим график теплового процесса стадии варки сусла (рис. 3).

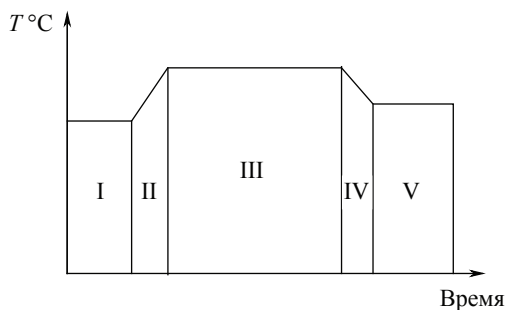


Рис. 3. График изменения температуры во времени
(пояснения в тексте)

Тепловой баланс узла приготовления сусла:

I — загрузка затора;

II — нагрев до кипения 100°C , $Q_1 + Q_2 = Q_4 + Q_5 + Q_6$;

III — выдержка при 100°C , $Q_4 + Q_2^1 = Q_4^1 + Q_6^1 + Q_{\text{исп}}$;

IV — охлаждение до температуры выгрузки;

V — выгрузка.

2) Исходные данные представлены в табл. 3 [ссылка на НТД].

Таблица 3

Исходные данные для расчета [13, ссылка на регламент]

Объект \ Параметр	$C, \text{кДж/кг} \cdot \text{К}$	$T, \text{К}$	$\alpha, \text{Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{К}$	$\lambda, \text{Вт} / \text{м} \cdot \text{К}$	$\sigma, \text{м}$	$\rho, \text{кг/м}^3$	$H, \text{м}$	$D, \text{м}$
Затор	3,98	325	—	0,571	—	1 040	—	—
Сусло	3,98	373	—	0,571	—	1 040	—	—
Воздух	—	298	—	—	—	—	—	—
Пар	—	406	11 630	—	—	—	—	—
Изоляция	1,63	301	—	0,076	—	250	1,45	—
Стенка рубашки	0,5	—	—	17,5	0,005	7 800	—	—
Стенка аппарата	0,5	—	—	17,5	0,008	7 800	—	—
Рубашка аппарата	0,5	—	—	—	—	7 800	1,45	2,22
Аппарат	0,5	—	—	—	—	7 800	1,45	2,098

3) Расчет количеств теплоты. Исходное и конечное вещество на данном этапе — это суспензия затора, поэтому исходя из данных табл. 3:

$$Q_1 = G_{\text{затор.на1}} \cdot C_{\text{затор}} \cdot T_{\text{нач}} / K = 14,89 \cdot 3\,980 \cdot 325 / 0,011 = 1\,826,26 \text{ МДж},$$

где $G_{\text{затор.на1}}$ — масса затора на данной стадии, считая на 1 дал пива (по данным материального баланса);

K — коэффициент пересчета для узла варки сусла ($K = G_{\text{на1}} / (V_{\text{раб3}} \cdot \rho_{\text{рм}}) = 0,011$;

$T_{\text{нач}}, T_{\text{кон}}$ — начальная и конечная температура затора на данном этапе соответственно.

$$Q_4 = G_{\text{сусло.на1}} \cdot C_{\text{затор}} \cdot T_{\text{кон}} / K = 14,89 \cdot 3\,980 \cdot 373 / 0,011 = 1\,985,99 \text{ МДж}.$$

На рис. 4 приведен график изменения температур при варке сусла.

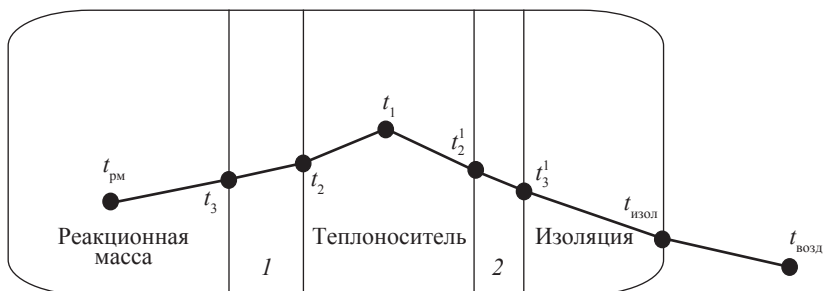


Рис. 4. График изменения температур:

I — стенка аппарата; 2 — стенка рубашки аппарата

$$Q_6 = k \cdot F_{\text{изол}} \cdot \tau \cdot (t_{\text{пар}} - t_{\text{возд}}) = 0,276 \cdot 5\,400 \cdot 18,50 \cdot (406 - 298) = 2,98 \text{ МДж},$$

где k — коэффициент теплопередачи от теплоносителя к воздуху [13],

$$k = \alpha_3 \cdot (t_{\text{изол}} - t_{\text{возд}}) / (t_{\text{пар}} - t_{\text{возд}}) = 9,95 \cdot (301 - 298) / (406 - 298) = 0,276 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

α_3 — коэффициент теплоотдачи от изоляции к воздуху:

$$\alpha_3 = 9,74 + 0,07 \cdot (t_{\text{изол}} - t_{\text{возд}}) = 9,74 + 0,07 \cdot (301 - 298) = 9,95 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

Тогда толщину изоляции можно найти как:

$$\sigma_{\text{изол}} = (1/k - 1/\alpha_3 - 1/\alpha_1 - \sigma_{\text{ст.руб}} / \lambda_{\text{ст.руб}}) \cdot \lambda_{\text{изол}} = (1/0,276 - 1/840 - 1/9,95 - 0,005/17,5) \cdot 0,076 = 0,267 \text{ м}.$$

Найдем площадь поверхности изоляции, где выбранный теплоизоляционный материал шлаковата:

$$F_{\text{изол}} = F_{\text{ц}} + F_{\text{дн}} = 12,54 + 5,96 = 18,50 \text{ м}^2 \text{ (фактическая поверхность теплообмена } F_{\text{факт}}),$$

$$F_{\text{ц}} = \pi \cdot (D_{\text{руб}} + 2\sigma_{\text{изол}}) \cdot H_{\text{изол}} = \pi \cdot (2,22 + 2 \cdot 0,267) \cdot 1,45 = 12,54 \text{ м}^2,$$

$$F_{\text{дн}} = \pi \cdot (D_{\text{руб}} + 2\sigma_{\text{изол}})^2 / 4 = \pi \cdot (2,22 + 2 \cdot 0,267)^2 / 4 = 5,96 \text{ м}^2;$$

τ — время проведения процесса варки сусли (5 400 с по данным регламента).

$Q_5 = \Sigma q_i$, где q_i — теплоты, затрачиваемые на нагрев отдельных частей аппарата:

$$q_{руб} = G_{руб} \cdot C_{руб} \cdot \left((t_2^1 + t_3^1) / 2 - t_{возд} \right) = 545 \cdot 0,5 \cdot 10^3 \times \\ \times ((405,997 + 405,989) / 2 - 298) = 29,43 \text{ МДж},$$

где $t_2^1 = t_{пар} - k \cdot (t_{пар} - t_{возд}) / \alpha_1 = 406 - 0,267 \cdot (406 - 298) / 11\,630 = 405,997 \text{ К}$,

$t_3^1 = t_2^1 - k \cdot \sigma_{ст.руб} \cdot (t_{пар} - t_{возд}) / \lambda_{ст.руб} = 405,997 - 0,267 \cdot 0,5 \times 10^{-3} \cdot (406 - 298) / 17,5 = 405,989 \text{ К}$.

$G_{руб} = 545 \text{ кг}$ [ссылка на регламент].

$q_{изол} = G_{изол} \cdot C_{изол} \cdot \left((t_{изол} + t_3^1) / 2 - t_{возд} \right) = 1\,236,19 \cdot 1\,630 \times \\ \times ((301 + 405,989) / 2 - 298) = 111,82 \text{ МДж}$,

где $G_{изол} = \rho_{изол} \cdot \sigma_{изол} \cdot F_{изол} = 250 \cdot 0,267 \cdot 18,50 = 1\,236,19 \text{ кг}$.

$q_{кор} = G_{кор} \cdot C_{кор} \cdot \left((t_2 + t_3) / 2 - t_{возд} \right) = 811,67 \cdot 0,5 \cdot 10^3 \times \\ \times ((398,79 + 360,43) / 2 - 298) = 33,12 \text{ МДж}$,

где $G_{кор} = 811,67 \text{ кг}$ [ссылка на регламент].

$t_2 = t_{пар} - k^1 \cdot (t_{пар} - t_{р.м}) / \alpha_1 = 406 - 1\,331,81 \cdot (406 - 343) / 11\,630 = 398,79 \text{ К}$,

$t_3 = t_2 - k^1 \cdot \sigma_{ст.апп} \cdot (t_{пар} - t_{р.м}) / \lambda_{ст.апп} = 398,79 - 1\,331,81 \cdot 8 \times 10^{-3} \cdot (406 - 343) / 17,5 = 60,43 \text{ К}$,

где k^1 — коэффициент теплопередачи от реакционной массы к теплоносителю:

$k^1 = 1 / (1 / \alpha_1 + 1 / \alpha_2 + \sigma_{ст.апп} / \lambda_{ст.апп}) = 1 / (1 / 11\,630 + 1 / 4\,813,92 + 8 \cdot 10^{-3} / 17,5) = 1\,331,81 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$,

α_2 — коэффициент теплоотдачи от внутренней стенки аппарата к реакционной массе и определяется как [13]:

$\alpha_2 = \lambda_{затоп} \cdot Nu / d_m = 0,571 \cdot 2\,107,67 / (250 \cdot 10^{-3}) = 4\,813,92 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$,

где $\lambda_{затоп}$ — коэффициент теплопроводности реакционной массы (табл. 1),

Nu — критерий Нуссельта и равен [13, с. 151]:

$$Nu = 0,36 \cdot Re^{0,67} \cdot Pr^{0,33} \cdot (\mu / \mu_{ct})^{0,14} \cdot (D_{app} / d_m)^{-1} = \\ = 0,36 \cdot (6\,314\,285,71)^{0,67} \cdot (2,3)^{0,33} \cdot (0,27 / 0,35)^{0,14} \cdot (2,098 / 0,25)^{-1} = \\ = 2\,107,67,$$

где Pr — критерий Прандтля (в этом случае для воды он равен 2,3) [13, с. 151–152];

μ_{ct} — динамический коэффициент вязкости среды при температуре стенки t_3 [13, с. 514–515];

μ — динамический коэффициент вязкости среды при средней температуре $0,5 \cdot (t_3 + t_{p.m.})$;

Re — критерий Рейнольдса, который можно вычислить как:

$$Re = (\rho_{p.m.} \cdot n \cdot d_m) / \mu = (1\,040 \cdot 8,5 \cdot 250 \cdot 10^{-3}) / (0,27 \cdot 10^{-3}) = \\ = 6\,314\,285,71,$$

где n — число оборотов мешалки $8,5 \text{ с}^{-1}$ [ссылка на регламент];

d_m — диаметр мешалки $250 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ [ссылка на паспорт аппарата].

$$q_{\text{крыш}} = G_{\text{крыш}} \cdot C_{\text{крыш}} \cdot ((t_2 + t_3) / 2 - t_{\text{возд}}) = 101,5 - 0,5 \cdot 10^3 \times \\ \times ((398,79 + 360,43) / 2 - 298) = 4,14 \text{ МДж},$$

$$G_{\text{крыш}} = 101,5 \text{ кг [ссылка на регламент]}.$$

$$Q_5 = \Sigma q_i = q_{\text{крыш}} + q_{\text{изол}} + q_{\text{руб}} + q_{\text{кор}} = 29,43 + 111,82 + 4,14 + \\ + 33,12 = 178,51 \text{ МДж}.$$

$$Q_2 = Q_4 + Q_5 + Q_6 - Q_1 = 1\,985,99 + 178,51 + 2,98 - 1\,826,26 = \\ = 341,23 \text{ МДж}.$$

4) Определение достаточности поверхности теплообмена.

Расчетная поверхность теплообмена будет равна:

$$F_p = Q_2 / (k^1 \cdot \tau \cdot \Delta t_{\text{ср}}^{\text{нагр}}) = 341,23 \cdot 10^6 / (1\,331,81 \cdot 5\,400 \times \\ \times 46,39) = 1,02 \text{ м}^2.$$

$F_p < F_{\text{факт}} = 1,02 < 18,50 \text{ м}^2$. Тепловой режим полностью обеспечен. Поверхность теплообмена достаточна.

5) Определение расхода теплоносителя.

Средняя разница температур теплоносителя и реакционной массы:

$\Delta t_{\text{ср}}^{\text{нагр}} = (\Delta t_6 - \Delta t_m) / \ln(\Delta t_6 / \Delta t_m) = (63 - 33) / \ln(63 / 33) = 46,39 \text{ K}$,
где Δt_6 , Δt_m — большая и меньшая разница температур между теплоносителем и реакционной массой (в начале и конце процесса) соответственно:

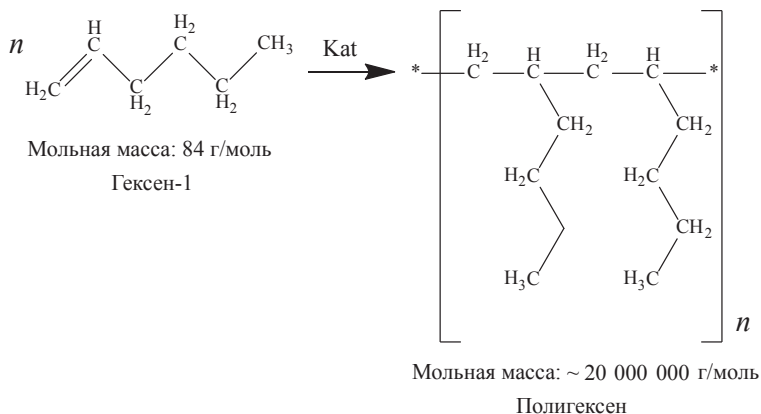
$\Delta t_6 = T_1 - t_1 = 406 - 343 = 63 \text{ K}$, $\Delta t_m = T_2 - t_2 = 406 - 373 = 33 \text{ K}$,
где T_1 , T_2 — начальная и конечная температура теплоносителя соответственно ($T_1 = 406 \text{ K}$, $T_2 = 406 \text{ K}$),

t_1 , t_2 — начальная и конечная температура затора (сусла) соответственно ($t_1 = 343 \text{ K}$, $t_2 = 373 \text{ K}$).

Тогда расход теплоносителя (пара) будет равен:

$G_{\text{т.н}} = Q_2 / r_{\text{пара}} = (341,23 \cdot 10^6) / (2\,171,1 \cdot 10^3) = 157,17 \text{ кг}$,
где $r_{\text{пара}}$ — теплота парообразования, Дж/кг [13, с. 549–551].

Пример 2. Тепловой расчет полимеризации гексена-1.



Целью теплового расчета реактора является:

- проверка достаточности поверхности теплообмена реактора путем сравнения величины расчетной поверхности ($F_{\text{расч}}$) с имеющейся у выбранного аппарата геометрической теплообменной поверхностью $F_{\text{геом}}$;

- определение расхода теплоносителя или охлаждающего агента;
- расчет необходимой толщины тепловой изоляции реактора.

Общее уравнение теплового баланса реактора

Все тепловые расчеты базируются на законе сохранения энергии (в данном случае тепловой).

Уравнение теплового баланса можно представить в следующем виде:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_4 + Q_5 + Q_6,$$

$$Q_{\text{прих}} = Q_{\text{расх}}.$$

Размерности $Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5, Q_6$ — кДж/загр., где Q_1 — теплосодержание смеси исходных веществ при загрузке в реактор;

Q_2 — тепло, которое необходимо подвести к реакционной массе для обеспечения нужного температурного режима процесса (искомая величина);

Q_3 — тепловой эффект процесса;

Q_4 — теплосодержание реакционной массы (продуктов реакции) при соответствующей температуре;

Q_5 — расход тепла на нагревание реактора;

Q_6 — тепловые потери в окружающую среду.

1) Строим график теплового процесса полимеризации (рис. 5).

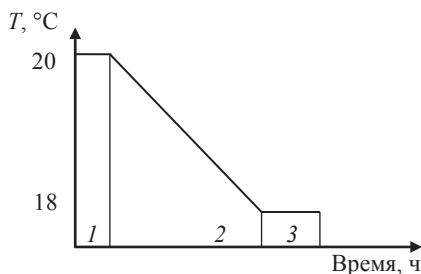


Рис. 5. Температурный график процесса:

1 — загрузка исходных веществ; 2 — подача хладагента в рубашку и начало реакции; 3 — течение реакции и выгрузка реакционной массы

2) Исходные данные для расчета:

$T_{\text{загр}} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($T_{\text{загр}}$ равны для всех загружаемых веществ);

$T_{\text{получ}} = 18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($T_{\text{получ}}$ равны для всех получаемых веществ)
[ссылка на регламент].

Массы веществ, участвующих в полимеризации (узел 1), приведены в табл. 4 (в ВКР можно данную таблицу не приводить, а сделать ссылку на конкретную таблицу материального баланса).

Таблица 4

Массы веществ, участвующих в полимеризации (узел 1)

Загружено		Получено	
Сырье и полупродукты	Масса 100 %, кг	Продукты, отходы, потери	Масса 100 %, кг
1. Гексен-1, в т. ч.:	1 301,28	1. Полимеризат, в т. ч.:	6 577,88
гексен-1	1 288,26	гексен-1	771,67
примеси	13,01	полигексен	515,31
2. Нефрас П1	5 153,05	нефрас П1	5 272,09
		триизобутил-алюминий (ТИБА)	5,15
3. ТИБА (4 % p-p), в т. ч.:	128,83	титаномагнийевый катализатор (ТМК)	0,64
триизобутил-алюминий (ТИБА)	5,15	примеси	13,01
нефрас	123,67	2. Сдувки, в т. ч.:	6,57
4. Суспензия ТМК, в т. ч.:	1,29	гексен-1	1,29
титаномагнийевый катализатор (ТМК)	0,64	нефрас П1	5,28
нефрас П1	0,64		
<i>Итого</i>	6 584,44	<i>Итого</i>	6 584,44

В табл. 5 представлены теплоемкости веществ [13, с. 543].

Теплоемкости веществ узла 1

Вещество	Гексен-1	Полигексен	Нефрас	ТИБА	ТМК
Теплоемкость, кДж/кг · град	2,182	2,475	2,182	0,422	0,422

3) Расчет количеств теплоты.

Расчет Q_1 и Q_4

Расчет этих величин производится по общей формуле

$$Q_{(1,4)} = G_i \cdot C_i \cdot T_i$$

где G_i — масса i -го вещества, кг/опер;

C_i — теплоемкость i -го вещества, кДж/кг · град;

T_i — температура i -го вещества, К.

$$Q_1 = G_{\text{гексен}} \cdot C_{\text{гексен}} \cdot T_{\text{гексен}} + G_{\text{нефрас}} \cdot C_{\text{нефрас}} \cdot T_{\text{нефрас}} + G_{\text{ТИБА}} \times \\ \times C_{\text{ТИБА}} \cdot T_{\text{ТИБА}} + G_{\text{ТМК}} \cdot C_{\text{ТМК}} \cdot T_{\text{ТМК}}$$

$$Q_4 = G_{\text{полигексен}} \cdot C_{\text{полигексен}} \cdot T_{\text{полигексен}} + G_{\text{гексен}} \cdot C_{\text{гексен}} \cdot T_{\text{гексен}} + \\ + G_{\text{нефрас}} \cdot C_{\text{нефрас}} \cdot T_{\text{нефрас}} + G_{\text{ТИБА}} \cdot C_{\text{ТИБА}} \cdot T_{\text{ТИБА}} + G_{\text{ТМК}} \cdot C_{\text{ТМК}} \cdot T_{\text{ТМК}}$$

Значит,

$$Q_1 = 1\,288,26 \cdot 2,182 \cdot 293 + 5\,277,36 \cdot 2,182 \cdot 293 + 5,15 \times \\ \times 0,422 \cdot 293 + 0,64 \cdot 0,422 \cdot 293 = 4\,365\,619,00 \text{ кДж};$$

$$Q_4 = 515,31 \cdot 2,475 \cdot 291 + 771,67 \cdot 2,182 \cdot 291 + 5\,272,09 \cdot 2,182 \times \\ \times 291 + 5,15 \cdot 0,422 \cdot 293 + 0,64 \cdot 0,422 \cdot 293 = 4\,363\,059,68 \text{ кДж}.$$

Расчет величины Q_3

Величина Q_3 включает в себя тепловой эффект химической реакции и теплоту физико-химических процессов, которые могут сопровождать химическое превращение:

$$Q_3 = Q_p + Q_{\text{физ}}$$

где Q_p — теплота химической реакции, кДж/опер;

$Q_{\text{физ}}$ — теплота физико-химических процессов, кДж/опер,

$$Q_{\text{физ}} = 0.$$

Q_p рассчитывается по формуле

$$Q_p = G_{\text{исх}} \cdot q_p \cdot \eta \cdot 1\,000 / M_{\text{исх}},$$

где $G_{\text{исх}}$ — операционное или часовое количество ключевого вещества, определяющего выход целевого продукта реакции, кг/опер;

$M_{\text{исх}}$ — молярная масса ключевого вещества, кг/кмоль;

q_p — молярный тепловой эффект химической реакции, кДж/моль;

1 000 — коэффициент пересчета кмоль в моль;

η — практический выход продукта реакции, доли единицы.

$$q_p = -82,3 \text{ кДж/моль [25].}$$

Тогда

$$Q_p = 1\,288,26 \cdot (-82,3) \cdot 0,4 \cdot 1\,000 / 84,2 = -503\,677,05 \text{ кДж/опер.}$$

Расчет Q_5

Расход хладагента на охлаждение отдельных частей реактора периодического действия определяют по формуле

$$Q_5 = \sum G_i \cdot C_i \cdot (t_{\text{кон}} - t_{\text{нач}})_i,$$

где G_i — массы отдельных частей аппарата и изоляции, кг;

C_i — теплоемкости материалов частей аппарата, кДж/кг · град;

$t_{\text{кон}}$ — конечная температура i -й части аппарата, °С;

$t_{\text{нач}}$ — начальная температура i -й части аппарата, °С.

Начальная температура аппарата 20 °С. Конечную температуру стенки корпуса реактора, его крышки и стенки рубашки принимаем равной конечной температуре реакционной массы 18 °С. За общую массу реактора примем значение, указанное в технической характеристике:

$$G = 11\,000 \text{ кг [ссылка на регламент];}$$

$$C_i = 0,46 \text{ кДж/(кг · град) [13, с. 543].}$$

$$\text{Тогда } Q_5 = 11\,000 \cdot 0,46 \cdot (18 - 20) = -10\,120 \text{ кДж.}$$

Расчет Q_6 и необходимой толщины теплоизоляции

Для пояснения расчета Q_6 и толщины теплоизоляции рассмотрим схему теплопередачи от теплоносителя через стенку рубашки и изоляцию к окружающей воздушной среде (рис. 1).

Для определения $F_{\text{изол}}$, а затем Q_6 необходимо предварительно рассчитать толщину слоя теплоизоляции ($\delta_{\text{изол}}$), при которой $t_{\text{изол}}$ будет равной 18 °С. Эта задача решается следующим образом. Для установившегося (стационарного) процесса теплопередачи справедливо равенство

$$Q_6 = \alpha_{\text{возд}} \cdot F_{\text{изол}} \cdot \tau \cdot (t_{\text{изол}} - t_{\text{возд}}),$$

где $\alpha_{\text{возд}}$ — коэффициент теплопередачи от стенки к воздуху, учитывающий передачу тепла как конвекцией, так и лучеиспусканием, Вт/м² · К;

$t_{\text{изол}}$ — температура наружной поверхности теплоизоляции (принимается равной 18 °С для текущего расчета);

$t_{\text{возд}}$ — температура воздуха в производственном помещении (принимается равной 20 °С);

$F_{\text{изол}}$ — площадь поверхности изоляции реактора, через которую тепло теряется в окружающую среду, м²;

τ — продолжительность тепловой ступени процесса, с.

$$Q_6 = \alpha_{\text{возд}} \cdot F_{\text{изол}} \cdot \tau \cdot (t_{\text{изол}} - t_{\text{возд}}) = k \cdot F_{\text{изол}} \cdot \tau \cdot (t_1 - t_{\text{возд}});$$

$$k = \alpha_{\text{возд}} \cdot (t_{\text{изол}} - t_{\text{возд}}) / (t_1 - t_{\text{возд}}),$$

где t_1 — температура хладагента ($t_1 = -15$ °С).

Тогда, $\alpha_{\text{возд}} = 9,74 + 0,07 \cdot (t_{\text{изол}} - t_{\text{возд}}) = 9,74 + 0,07 \cdot (18 - 20) = 9,6$ Вт/м² · К,

$$k = 9,6 \cdot (18 - 20) / (-15 - 20) = 0,556 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

С другой стороны, как следует из теории теплопередачи:

$$k = 1 / \alpha_{\text{тепл}}^{-1} + \delta_{\text{ст}} / \lambda_{\text{ст}} + \delta_{\text{изол}} / \lambda_{\text{изол}} + \alpha_{\text{возд}}^{-1},$$

где $\delta_{\text{ст}} = 14$ мм [ссылка на регламент];

$$\lambda_{\text{ст}} = 46,85 \text{ Вт/м} \cdot \text{К} [13, \text{с. 529}];$$

$\lambda_{\text{изол}} = 0,04 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$ (в качестве теплоизоляции используется стекловата) [13, с. 529].

Значит, $\delta_{\text{изол}} = 55,6 \text{ мм}$;

$$F_{\text{изол}} = 35,4 \text{ м}^2.$$

$$Q_6 = 9,74 \cdot 35,4 \cdot 21\,600 \cdot (18 - 20) = -14\,874,15 \text{ кДж}.$$

4) Расчет Q_2 и необходимой поверхности теплопередачи $F_{\text{расч}}$.

$$Q_2 = Q_4 + Q_5 + Q_6 - Q_1 - Q_3 = 4\,363\,059,68 - 10\,120 - 10\,518,45 - 4\,365\,619,00 + 503\,677,05 = 480\,479,28 \text{ кДж}.$$

$$F_{\text{расч}} = Q_2 / k \cdot \Delta t_{\text{ср}} \cdot \tau, \text{ м}^2,$$

где k — общий коэффициент теплопередачи от теплоносителя к реакционной массе, $\text{Вт/м}^2 \cdot \text{К}$.

Принимаем $k = 200 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$ [13].

$\Delta t_{\text{ср}}$ — средняя разность температур теплоносителя и реакционной массы, $^{\circ}\text{C}$;

τ — продолжительность процесса, с.

Расчет $\Delta t_{\text{ср}}$ производят по формуле [13]:

$$t_{\text{ср}}^{\text{охл}} = (T_1 - T_2) \cdot (A - 1/A \cdot \ln A) / \ln(T_1 - t_1 / T_2 - t_1);$$

$$A = (T_2 - t_1) / (T_2 - t_2),$$

где t_1 — начальная температура охлаждающего агента, $^{\circ}\text{C}$ (-10°C);

t_2 — конечная температура охлаждающего агента, $^{\circ}\text{C}$ (-15°C);

T_1 — начальная температура охлаждаемой реакционной массы, $^{\circ}\text{C}$ (20°C);

T_2 — конечная температура реакционной массы, $^{\circ}\text{C}$ (18°C).

Тогда $A = (18 - 10) / (18 - 15) = 2,66$;

$$\Delta t_{\text{ср}}^{\text{нагрев}} = (20 - 18) \cdot (2,66 - 1/2,66 \cdot \ln 2,66) / \ln(20 - 10) /$$

$$/ (18 - 10) = 5,74^{\circ}\text{C};$$

$$F_{\text{расч}} = 480\,479,28 \cdot 1\,000 / (200 \cdot 5,74 \cdot 21\,600) = 19,37 \text{ м}^2.$$

Значит, $F_{\text{расч}} < F_{\text{геом.}}$ ($F_{\text{геом.}} = 24,4 \text{ м}^2$).

5) Расход жидкого хладагента определяют по формуле

$$G_{\text{охл}}^{\text{ж}} = Q_2 / C_{\text{хлад}} \cdot (t_{2\text{ср}} - t_1), \text{ кг/опер},$$

где $t_{2\text{ср}}$ — средняя за процесс температура охлаждающего агента на выходе из теплообменного устройства, $^{\circ}\text{C}$.

$$t_{2cp} = t_1 + \Delta t_{cp}^{oxl*} \cdot \ln A,$$

$$t_{2cp} = 10 + 5,74 \cdot \ln 2,66 = 15,61 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$G_{oxl}^{ж} = 480\,479,28 / 4,19 \cdot (15,61 - 10) = 20\,440,79 \text{ кг/опер.}$$

1.2.4. Заключительные разделы ВКР

В разделе «Природопользование и охрана окружающей среды» приводят значения ПДК всех реагентов, предлагаются мероприятия по энерго- и ресурсосбережению и защите природы от вредных выбросов.

Для технологической ВКР магистра *может быть выполнен полный экономический расчет с учетом окупаемости введенных новшеств*. Главная цель данного раздела — определение экономической эффективности проектируемого производства, сроков окупаемости капитальных затрат, рентабельности будущего объекта и других показателей, характеризующих технико-экономический уровень разработанного проекта. В экономических расчетах следует обосновать необходимость модернизации.

В заключении диссертации магистра необходимо отразить наиболее важные моменты. Для диссертации технологического характера в заключении приводится вывод о целесообразности использования научной разработки, а также следует привести основные разделы работы. Следует также обратить внимание на экономическую сторону проекта (если этот раздел выполнялся).

2. БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ: ПРАВИЛА СОСТАВЛЕНИЯ

При написании литературного обзора ВКР (диссертации) магистра любое заимствование чужого материала (дословное или перефразированное) необходимо сопровождать ссылкой на первоисточник. При ее отсутствии система контроля заимствований (СКЗ) автоматически отнесет данный фрагмент работы к неправомерному заимствованию (плагиат). Если по всей работе СКЗ покажет более 30 % неправомерных заимствований, то работа аннулируется, назначается новая тема, которая может быть защищена через год.

ВКР магистра размещается в электронной библиотечной системе УрФУ [26]. В комплект сопроводительных документов для размещения ВКР входят:

- приказ об утверждении тем ВКР (готовится дирекцией ХТИ совместно с выпускающей кафедрой);
- заключение об отсутствии неправомерных цитирований (формируется через соответствующую систему «Антиплагиат»);
- отзыв научного руководителя;
- внешняя рецензия;
- заключение о возможности размещения ВКР в электронном виде и режиме доступа (готовится управлением информационной безопасности совместно с выпускающей кафедрой);
- лицензионный договор с автором ВКР.

Библиографическая ссылка является частью справочного аппарата документа и служит источником библиографической информации о документах — объектах ссылки. Общие правила оформления приведены в [27].

Список должен содержать сведения об источниках, использованных при написании ВКР магистра. В него необходимо включать источники, на которые были сделаны ссылки в тексте работы. Если в ВКР или диссертации используются нормативные акты и иные источники стандартов, их необходимо располагать на отдельном листе после раздела «Содержание» перед разделом «Введение» в следующей последовательности:

- нормативные правовые акты — Конституция РФ;
- международные договоры РФ, согласие на обязательность которых было выражено в форме федерального закона;
- федеральные конституционные законы;
- федеральные законы;
- законы иностранных государств;
- межгосударственные договоры РФ, согласие на обязательность которых было выражено не в форме федерального закона;
- нормативные правовые акты Президента РФ;
- межправительственные договоры РФ, согласие на обязательность которых было выражено не в форме федерального закона;
- нормативные правовые акты Правительства РФ;
- межведомственные договоры РФ, согласие на обязательность которых было выражено не в форме федерального закона;
- нормативные правовые акты федеральных министерств и ведомств;
- конституции (уставы), законы, иные нормативные правовые акты органов государственной власти субъектов РФ;
- нормативные правовые акты органов местного самоуправления;
- иные официальные материалы (резолуции — рекомендации международных организаций и конференций, официальные доклады, официальные статистические отчеты и др.).

Перечень ссылочных стандартов начинают со слов: «В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты». Как

правило, в ВКР бакалавра и диссертации магистра данные акты не приводятся. Но в других официальных документах эти материалы необходимо приводить.

Список использованной литературы (библиографический список) оформляется по ГОСТ 7.0.5–2008 [27]. По месту расположения в документе различают библиографические ссылки:

- внутритекстовые, помещенные в тексте документа;
- подстрочные, вынесенные из текста вниз полосы документа (в сноску);
- затекстовые, вынесенные за текст документа или его части (в выноску).

В ВКР используются в основном затекстовые ссылки. При нумерации затекстовых библиографических ссылок используется сплошная нумерация для всего текста ВКР в целом.

Для связи с текстом ВКР порядковый номер библиографической записи в затекстовой ссылке указывают в знаке выноски, который набирают на верхнюю линию шрифта, или в отсылке, которую приводят в квадратных скобках в строку с текстом документа.

В тексте: «Общий список справочников по терминологии, охватывающий время не позднее середины XX в., дает работа библиографа И. М. Кауфмана».

Затекстовая библиографическая ссылка может содержать следующие элементы:

- заголовок (Ф. И. О. всех авторов);
- основное заглавие документа (полное название статьи, книги);
- сведения об ответственности (например: Краткий справочник физико-химических величин / под ред. А. А. Равделя. Л. : Химия, 1983. 232 с.);
- сведения об издании (название журнала или город: название издательства);
- выходные данные (год, том, номер);
- сведения о местоположении объекта ссылки в документе (если ссылка на часть документа);

- сведения о документе, в котором опубликован объект ссылки (если цитируется не по первоисточнику, а по другому документу, то в начале ссылки приводят слова: «Цит. по:» (цитируется по), «Приводится по:», с указанием источника заимствования).

Независимо от назначения ссылки правила представления элементов библиографического описания, применение знаков предписанной пунктуации в ссылке осуществляются в соответствии с ГОСТ 7.1 и ГОСТ 7.82 с учетом следующих особенностей:

- допускается предписанный знак — точку и тире, разделяющий области библиографического описания, заменять точкой;
- допускается не использовать квадратные скобки для сведений, заимствованных не из предписанного источника информации;
- сокращение отдельных слов и словосочетаний применяют для всех элементов библиографической записи, за исключением основного заглавия документа. Слова и словосочетания сокращают по ГОСТ 7.11 и ГОСТ 7.12. Можно приводить сокращение названий научных журналов. В качестве примера можно привести следующие:

Журнал общей химии — ЖОХ; Журнал органической химии — ЖОрХ; Химия гетероциклических соединений — ХГС; Известия АН. Серия химическая — Известия АН. Сер. хим.; Химико-фармацевтический журнал — Хим.-фарм. журн. (ХФЖ); Journal of the Chemical Society — J. Chem. Soc., после 1975 г. — J. Chem. Soc., Perkin Trans. I или (II); Journal of the American Chemical Society — J. Am. Chem. Soc.; The Journal of Organic Chemistry — J. Org. Chem.; Journal of Heterocyclic Chemistry — J. Heterocycl. Chem.; с 1868 по 1944 г. Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft — Ber., с 1947 г. по настоящее время — Chem. Ber.; Justus Liebig's Annalen der Chemie — Liebigs Ann. (либо Ann.) и т. д.;

- в области физической характеристики указывают либо общий объем документа, либо сведения о местоположении объекта ссылки в документе:

2. Альберт Ю. В. Библиографическая ссылка : справочник. Киев, 1983. 247 с.

или

² Альберт Ю. В. Библиографическая ссылка : справочник. Киев, 1983. С. 21.

Библиографическая ссылка приводится на языке оригинала. Допускается для иероглифического написания первоисточника приводить англоязычную транскрипцию.

Разделители между разделами — точка-тире либо точка, разделитель между названием статьи (составной части) и названием журнала (сборника) — две косые черты. При оформлении допускается отдельные разделы выделять гарнитурой шрифтов, при этом косые черты можно опускать.

Ф. И. О., Ф. И. О. Название статьи // Название журнала. — Год. — Том, №. — Страницы.

Ф. И. О., Ф. И. О. Название статьи. *Название журнала*. Год. Том, №. Страницы.

Ф. И. О., Ф. И. О. Название книги. Город: Издательство, Год. Количество страниц.

Допускается привлечение материалов и данных, полученных с официальных сайтов интернета. В этом случае необходимо указать точный источник материалов и дату обращения к источнику. Ссылки на электронные ресурсы составляют по правилам библиографических ссылок статей:

Ф. И. О. автора (необязательный раздел). Название электронного ресурса (страницы) // адрес сайта (URL страницы) (дата обращения).

Источниковедческая база магистерской диссертации должна охватывать не менее 60 источников.

Примеры библиографических ссылок. Приведенные в данном разделе номера ссылок взяты из конкретных статей, монографий

и диссертаций и не относятся к данному учебному пособию, служат лишь в качестве иллюстрации. В ВКР бакалавра и магистра затекстовые ссылки идут строго по порядку.

Книги, сборники в целом

1. Comprehensive Supramolecular Chemistry. Eds.; Atwood J. L., Davies J. E. D.; MacNicol D. D.; Vögtle, F. Elsevier: Exter, 1996. 239 p.
2. Мулдер М. Введение в мембранную технологию. М. : Мир, 1999. 513 с.
3. Медицинская химия / под ред. В. В. Липсон. Харьков : Фолио, 2005. 461 с.
4. Негодяев Н. Д., Нейн Ю. И. Современные методы переработки синтетических полимерных материалов : учеб. пособие для студентов химико-технологических специальностей. Екатеринбург : УрФУ, 2011. 82 с.
5. Достижения в органическом синтезе : сб. науч. тр. / Ин-т органического синтеза УрО РАН ; под ред. О. Н. Чупахина. Екатеринбург : УрО РАН, 2007. 118 с.
6. Райхард К. Растворители и эффекты среды в органической химии. М. : Мир, 1991. 584 с.

Статьи в научных журналах

7. Безматерных М. А., Мокрушин В. С., Поспелова Т. А. Синтез 1,4-дигидроимидазо[5,1-с]-1,2,4-триазин-4-онов и имидазо[5,1-с]-1,2,4-триазолов. ХГС. 2009. № 11. С. 1544–1553.
8. Русинов В. Л., Уломский Е. Н., Чупахин О. Н., Чарушин В. Н. Азоло[5,1-с]-1,2,4-триазины как новый класс противовирусных соединений // Известия АН. Сер. хим. — 2008. — № 5. — С. 967–994.
9. Fan Z.-J., Liu B., Liu X.-F., Zhong B., Liu C.-L., Li Z.-M. Synthesis and bioactivity of pyridine containing 1,3,4-oxadiazole derivatives // Chemical Journal of Chinese Universities. 2004. Vol. 25. P. 663–668.
10. Fan Z.-J., Liu B., Liu X.-F., Zhong B., Liu C.-L., Li Z.-M. Synthesis and bioactivity of pyridine containing 1,3,4-oxadiazole derivatives. Chemical Journal of Chinese Universities. 2004. Vol. 25. P. 663.
11. Колобов М. Ю., Бакулев В. А., Мокрушин В. С. Синтез и направление циклизации производных 2-диазомалондиамида. Новая

- перегруппировка 5-гидрокси-1,2,3-триазол-4-карбоксамидов. ХГС. 1992. № 9. С. 1208–1213.
12. Зарубин И. В., Маскаева Л. Н., Марков В. Ф., Замараева Н. В. Применение тонких пленок сульфида свинца, допированных галогенами, для контроля содержания ионов свинца в водных средах // Вода: химия и экология. 2012. № 6. С. 80–85.

Электронные ресурсы

13. IUPAC Nomenclature of Organic Chemistry [Электронный ресурс] / Advanced Chemistry Development, Inc. Recommendations 1993. URL: [http:// http://www.acdlabs.com/iupac/nomenclature/](http://www.acdlabs.com/iupac/nomenclature/) (дата обращения: 19.09.2007).
14. Европейская лаборатория молекулярной биологии (EMBL) // Банк данных ДНК и белковых последовательностей EMBL : [сайт]. URL: www.embl-heidelberg.de, <http://www.embl.de> (дата обращения: 22.11.2016).
15. Как правильно использовать зарубежный опыт и рекомендации ВОЗ // viperson.ru : рейтинг персонал. страниц и электрон. библиотек : портал. URL: <http://viperson.ru/wind.php?ID=621740> (дата обращения: 22.08.2016).

Патенты

16. А. с. 981317 (СССР). Способ получения 4-метилмеркаптоимидазо[4, 5-d] [1, 2, 3]триазина / В. С. Мокрушин, В. А. Бакулев, Л. Ю. Кощеева, З. В. Пушкарева. Оpubл. в Бюлл. изобр. — 1982. — № 46. — С. 55.
17. Пат. 1074091 РФ. 4-[3-нитро-4-(3,3-диметилтриазено-1)фенил]имидазол, обладающий противоопухолевой активностью / М. А. Ирадян, Н. С. Ирадян, Г. М. Степанян, Ф. Г. Арсенян, Б. Т. Гарибджанян. Оpubл. Бюлл. изобр. — 1995. — № 6. — С. 23.
18. Пат. WO 8800197 США. Preparation of benzo(thio)pyranosele-nodiazoles and -thiadiazoles as pesticides / R. Bognar, C. Jaszberenyi, S. Makleit, A. Fodor, P. Deak, T. Timar; Alkaloida Vegyeszeti Gyar, Hung. PCT Int. Appl. 1988. 100 pp. Prior.: 26.06.86 (цит. по: СА 109:73451).
19. Пат. EP 690061 Европа. Preparation of thiadiazolopyridines as agro-chemical microbicides / T. Maetzke ; Ciba-Geigy AG, Switz. Eur. Pat. Appl. 1996. 38 pp. Prior.: 30.06.94.

20. Пат. 1373347 (Великобр.). Triazenoimidazoles / J. Heyes, N. Ward. — Цит. по: РЖХ. — 1975. — 21084П.

Авторефераты и диссертации

21. Токарева М. И. Новые методы синтеза и модификации индолов на основе ароматических изоцианидов : автореф. дис. ... канд. хим. наук. Екатеринбург : УГТУ-УПИ, 2002. 28 с.
22. Матерн А. И. Реакции азинов и их дигидропроизводных. Роль электронного переноса в процессах формирования и разрыва связей : дис. ... д-ра хим. наук. Екатеринбург, 2007. 221 с.

ГОСТы

23. ГОСТ Р 51364–99. Аппараты воздушного охлаждения. Общие технические условия. М. : Стандартиформ, 2001. 67 с.
24. ГОСТ Р 52522–2006. Спирт этиловый из пищевого сырья, водки и изделия ликероводочные. Методы органолептического анализа. М. : Стандартиформ, 2006. 16 с.

Краткая запись (допустима)

25. ГОСТ 7925–75. Красители органические. Методы сравнительного окрашивания натуральных волокон.
26. ГОСТ 12.1.007–76. Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.

3. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ГРАФИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ

К графическим документам ВКР относятся:

- сборочные чертежи аппаратов, установок, их детализовка;
- аппаратурные схемы производства;
- таблицы, графики, диаграммы, схемы химических реакций и другие демонстрационные (стендовые) материалы, необходимые для защиты выпускной работы бакалавра или магистерской диссертации.

Все графические документы могут быть представлены только с использованием средств компьютерной графики и пакетов прикладных программ. В любом случае для размещения демонстрационных чертежей и материалов используются листы белой бумаги формата А1.

Сборочные чертежи и чертежи деталей (узлов) аппаратов и установок выполняют в соответствии с ЕСКД [28] в объеме требований, представленных в курсе «Инженерная графика».

Аппатурные схемы оформляют, руководствуясь методическими указаниями [8]. Если эти схемы дополняются изображениями КИПиА, то они оформляются в соответствии с ЕСКД [28] или ЕСТД [29].

Прочий демонстрационный материал оформляется в произвольной форме с соблюдением общепринятых требований — наглядность, четкость, аккуратность. При этом рекомендуется приводить на каждом листе его порядковый номер, наименование материала и краткие надписи, облегчающие восприятие демонстрируемых данных.

Возможно представление части графического материала в виде компьютерных презентаций на большом экране с использованием мультимедийного проектора.

Для исследовательской ВКР из графических документов обязательным является только аппаратная схема, для технологических ВКР — аппаратная схема и 2–3 сборочных чертежа аппарата и/или их детализировка (по согласованию с руководителем ВКР).

4. ПУБЛИЧНАЯ ЗАЩИТА ВКР

Квалификация «магистр» присваивается по результатам защиты выпускной работы на заседании Государственной экзаменационной комиссии (ГЭК) и дает право на поступление магистра в аспирантуру. Результаты защиты являются основанием для принятия комиссией решения по присвоению квалификации и выдачи диплома государственного образца. Председателем ГЭК утверждается профессор, специализирующийся в данной области науки, как правило, сотрудник РАН, либо высококвалифицированный сотрудник промышленного предприятия. Не менее половины членов ГЭК являются сотрудниками сторонних организаций и большинство членов имеют ученую степень доктора (кандидата) наук.

Для доклада по результатам ВКР магистра отводится время не более 14 мин. В качестве сравнения время доклада для соискания ученой степени кандидата наук — 20 мин, доктора наук — 40 мин.

Доклад начинают с краткого обзора литературных данных, из которых следует формулировка актуальности и цели работы. При изложении материала научно-исследовательских работ достаточно указать на слайд со спектральными характеристиками или РСА, сказав, что структура соединений доказана с помощью ЯМР и т. д. При вопросе членов ГЭК следует подробно проанализировать спектральные характеристики. В докладе материала работы технологического характера при описании процессов не следует указывать конкретные цифры температуры или давления. Это остается также для ответа на вопросы. Доклад заканчивают заключением.

Демонстрационный материал. Доклад по научно-исследовательской работе следует делать в виде презентации. Чертеж аппаратурной схемы должен быть на бумаге формата А1 (1–2 листа).

Доклад по работе технологического характера обязательно сопровождается чертежами аппаратурной схемы, двух-трех аппаратов и сводкой экономических показателей на формате А1 (если этот раздел выполнялся). Возможны и приветствуются слайды презентации.

СПИСОК БИБЛИОГРАФИЧЕСКИХ ССЫЛОК

1. Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012 г., № 273-ФЗ (действующая редакция 2016 г.).
2. Порядок проведения итоговой государственной аттестации по образовательным программам бакалавриата, специалитета и программам магистратуры. Екатеринбург : УрФУ, 2015. 26 с.
3. Магистерская диссертация: методы и организация исследования, оформление и защита : учеб. пособие / под ред. В. И. Беляева. М. : Кнорус, 2012. 264 с.
4. Кузин Ф. А. Диссертация. Методика написания. Правила оформления. Порядок защиты : практ. пособие для докторантов, аспирантов и магистрантов / под ред. В. А. Абрамова. 4-е изд. М. : Щсь, 448 с.
5. Безматерных М. А., Бельская Н. П., Мокрушин В. С. Содержание и оформление выпускной работы бакалавра. Екатеринбург : УрФУ, 2016. 125 с.
6. Общероссийский классификатор продукции : [интернет-сайт]. URL: <http://www.rospromtest.ru/kody-okp> (дата обращения: 15.11.2016).
7. Калита Е. В., Ельцов О. С., Ким Д. Г. Синтез и галогенциклизация алкенильных производных 5-нитро-2-пиридола // ЖОрХ. 2016. Т. 52, № 8. С. 1157–1161.
8. ГОСТ Р 52249–2009. Правила производства и контроля качества лекарственных средств. Взамен ГОСТ Р 52249–2004.
9. ГОСТ Р-53434. Надлежащая лабораторная практика (Принципы надлежащей лабораторной практики).
10. ГОСТ Р 52379–2005. Надлежащая клиническая практика.
11. СНиП 2.04.03–85. Канализация. Наружные сети и сооружения.
12. Краткий справочник физико-химических величин / под ред. А. А. Равделя. Л. : Химия, 1983. 232 с.

13. *Павлов К. Ф., Романков П. Г., Носков А. А.* Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Л. : Химия, 1987. 576 с.
14. *Калунянц К. А., Голгер Л. И., Балашов В. Е.* Оборудование микробиологических производств. М. : Агропромиздат, 1987. 400 с.
15. *Батунер Л. М.* Процессы и аппараты органического синтеза и биохимической технологии. М. : Химия, 1976. 519 с.
16. *Перевалов В. П.* Основы проектирования и оборудование производств тонкого органического синтеза. М. : Химия, 1997. 288 с.
17. *Альперт Л. З.* Основы проектирования химических установок. М. : Высш. школа, 1989. 304 с.
18. *Тимонин А. С.* Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования : справочник. Калуга : Изд-во Н. Бочкаревой, 2002. Т. 1. 852 с.
19. *Тимонин А. С.* Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования : справочник. Калуга : Изд-во Н. Бочкаревой, 2002. Т. 2. 1028 с.
20. *Тимонин А. С.* Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования : справочник. Калуга : Изд-во Н. Бочкаревой, 2002. Т. 3. 968 с.
21. *Федоренко Б. Н.* Пивоваренная инженерия: технологическое оборудование отрасли. СПб. : Профессия, 2009. 1000 с.
22. *Вавилов Г. А., Негодяев Н. Д., Блохин В. Е., Грязев В. Ф.* Технохимические расчеты в технологическом проектировании : метод. указания к курсовому и дипломному проектированию. Екатеринбург : УГТУ, 1998. 28 с.
23. *Вавилов Г. А., Мокрушин В. С., Безматерных М. А.* Проектирование технологических схем производства биологически активных веществ и лекарственных препаратов : метод. разработка по курсовому и дипломному проектированию. Екатеринбург : ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2004. 32 с.
24. *Вавилов Г. А., Мокрушин В. С., Сакович Г. С.* Материальные, технологические и тепловые расчеты биотехнологических производств : метод. указания по курсовому и дипломному проектированию. Екатеринбург : УГТУ, 2000. 32 с.

25. *Станкевич В. С.* Процесс получения суспензионной антитурбулентной присадки на основе полигексена для транспортировки углеводородных жидкостей : дис. ... канд. тех. наук. Томск, 2013. 153 с.
26. Регламент размещения выпускных квалификационных работ бакалавров, специалистов и магистров в электронной библиотечной системе УрФУ. Екатеринбург : УрФУ, 2015. 26 с.
27. ГОСТ 7.0.5–2008. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления.
28. ГОСТ 2.001–93. Единая система конструкторской документации. Общие положения.
29. ГОСТ 3.1001–81. Единая система технологической документации. Общие положения.
30. *Садчикова Е. В., Мокрушин В. С.* Синтез и свойства 5-диазоимидазолов и солей имидазолил-5-диазония // Известия АН. Сер. хим. 2003. № 7. С. 1516–1521.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Образец титульного листа выпускной квалификационной работы магистра

Министерство образования и науки РФ
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»
Химико-технологический институт
Кафедра технологии органического синтеза

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Зав. кафедрой _____ В. А. Бакулев
«__» _____ 201__ г.

СИНТЕЗ И ФОТОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДИГИДРОПИРАЗОЛОВ

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Пояснительная записка

18.04.01 24 7817 020 ПЗ

Руководитель, проф., д-р хим. наук

Н. П. Бельская

Консультант, доц., канд. экон. наук

Н. Я. Высоцкая

Нормоконтролер, доц., канд. хим. наук

М. А. Безматерных

Студент гр. ХМ-250803

А. С. Иванова

Екатеринбург

201__год

**Шаблон задания на выпускную
квалификационную работу магистра**

Министерство образования и науки РФ
ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»

Институт Химико-технологический _____
Кафедра Технологии органического синтеза _____
Направление 19.03.01 — Биотехнология _____

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой _____ (Бакулев В. А.)
(подпись)

« ____ » _____ 201 __ г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы
студента Николаевой Светланы Александровны группы Х-250804
(фамилия, имя, отчество)

1. Тема ВКР Усовершенствование методов in planta ктериальной
трансформации растений _____

Утверждена распоряжением по институту от “ ____ ” 201 __ г. № ____

2. Руководитель _____ Петрова И. С., доц., канд. хим. наук
(Ф. И. О., должность, ученое звание, ученая степень)

3. Исходные данные к работе литературные данные и собственные
исследования

4. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов) 1) Литературный обзор; 2) Обсуждение результатов; 3) Экспериментальная часть; 4) Выводы; 5) Технологическая часть

5. Перечень демонстрационных материалов презентация

6. Консультанты по разделам ВКР

Раздел	Консультант	Подпись, дата	
		задание выдал	задание принял
Технологическая часть	доц., канд. хим. наук Сидоров О. Ф.		

7. Календарный план (пример)

№ п/п	Наименование этапов дипломного проекта (работы)	Срок выполнения этапов проекта (работы)	Отметка о выполнении
1	Аналитический обзор		
2	Обсуждение результатов		
3	Экспериментальная часть		
4	Выводы		
5	Технологическая часть		
6	Оформление записки		

Руководитель _____ Петрова И. С.
(подпись) Ф. И. О.

Задание принял к исполнению _____
(подпись)

8. Магистерская диссертация закончена “___” 201__ г.

Пояснительная записка и все материалы просмотрены.

Оценка консультантов: 1. _____
2. _____

Считаю возможным допустить Николаеву Светлану Александровну к защите ее дипломного проекта (работы) в экзаменационной комиссии.

Руководитель _____

9. Допустить _____ к защите ВКР (магистерской диссертации) в экзаменационной комиссии (протокол заседания кафедры № от “___” 201__ г.).

Зав. кафедрой _____

**Пример оформления содержания
научно-исследовательской работы магистра**

Задание	
Содержание	
Реферат.....	3
Аннотация.....	3
Перечень листов графических документов	4
Перечень условных обозначений, символов, единиц и сокращений	5
Введение	6
Цель работы.....	7
Научная новизна.....	7
Практическая значимость	7
1. Литературный обзор	8
2. Обсуждение результатов	28
3. Экспериментальная часть	45
4. Выводы	55
5. Технологическая часть	56
5.1. Характеристика готовой продукции	56
5.2. Характеристика сырья и материалов	57
5.3. Блок-схема производства	59
5.4. Описание стадий технологического процесса	60
5.5. Расчет материального баланса.....	65
5.6. Технологические расчеты	70
5.7. Ведомость спецификации оборудования.....	73
Заключение	75
Библиографические ссылки	76
Приложения	79

**Пример оформления содержания
технологической диссертации магистра**

Задание	4
Реферат	4
Аннотация	5
Перечень листов графических документов	6
Перечень условных обозначений, символов, единиц и сокращений	7
Введение	8
1. Литературный обзор	10
2. Выводы по аналитическому обзору литературы и цели работы	28
3. Результаты лабораторных исследований	29
4. Описание технологического процесса	35
4.1. Характеристика готовой продукции	35
4.2. Характеристика сырья и материалов	36
4.3. Блок-схема производства	37
4.4. Описание технологического процесса	38
4.5. Контрольные точки производства	48
5. Расчет материального баланса	50
6. Технологические расчеты основного и вспомогательного оборудования	60
6.1. Основное оборудование	60
6.2. Вспомогательное оборудование	62
6.3. Ведомость спецификации оборудования	64
7. Тепловые расчеты	66
8. Природопользование и охрана окружающей среды	73
9. Экономическая эффективность	75
Заключение	78
Библиографические ссылки	79
Приложения	81

Пример оформления реферата ВКР магистра

Реферат

Выпускная квалификационная работа магистра: Синтез и фотофизические свойства дигидропиразолов

Стр. 80, рис. 9, табл. 20, библиогр. назв. 44.

Гидразонхлориды, пиразолины, метаноиндазолы, реакция япп-клин-гемана, циклоприсоединение, флуоресценция, квантовый выход, сдвиг Стокса.

Составлен аналитический обзор литературы по методам синтеза пиразолов. Проведено исследование реакции 1,3-диплярного циклоприсоединения моно- и бис(нитрилиминов) с диполярофилами и получена серия новых производных пиразолов и пиразолинов. Синтезировано 15 новых соединений. Изучены их фотофизические свойства.

Произведен расчет материального баланса производства 3-ацетил-5-метил-1-(4-хлорфенил)-1,6-дигидропирроло[3,4-с]пиразол-4,6-диона. Составлена принципиальная аппаратурная схема производства и дано описание технологического процесса.

Пример оформления аннотации

В рамках данной работы составлен аналитический обзор литературы по методам синтеза пиразолов. Проведено исследование реакции 1,3-диполярного циклоприсоединения моно- и бис(нитрилиминов) с $C=C$ диполярофилами и получена серия новых производных пиразолов и пиразолинов. Изучены их фотофизические свойства.

The preparation of substituted pyrazoles involve either the construction of two C-N bond by condensation of hydrazines with 1,3-dicarbonyl compounds or their 1,3-dielectrophilic equivalents or the generation of one C-N bond and one C-C by intermolecular [3+2]-cycloadditions of 1,3-dipoles to dipolarophiles. Each of this methods has its own scope and efficiency limitations. Our work includes analytical review devoted to the both methods of synthesis, application of pyrazole and studying of their structure and reactivity.

**Пример оформления перечня
условных сокращений**

Перечень условных обозначений,
символов, единиц и сокращений

- АФК — активные формы кислорода
- БАП — 6-бензиламинопурин
- ИКУ — индолилуксусная кислота
- СОД — фермент супероксиддисмутаза
- LB — левая фланкирующая последовательность в агробактериальной плазмиде
- MS — среда Мурасиге и Скуга
- УЕВ — дрожжевой и говяжий экстракт (питательная среда для бактерий)

**Пример оформления таблицы
спектральных характеристик**

Таблица №

Спектральные характеристики гидразонов [30]

№ п/п	ИК-спектр, ν , см^{-1}			Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д., КССВ (J), Гц	УФ-спектр, нм, (lg ϵ) в этаноле
	NH	CN (NO ₂)	CO		
2а	3 320, 3 250	–(1 560), (1 380)	1 680	12,62 (1H, уш. с, NH); 7.87 (1H, с, NH); 7.53 (1H, с, 2-H); 2.40 (3H, с, CH ₃); 2.10 (3H, с, CH ₃)	259 (4,12) 365 (3,88)
2б	3 573, 3 430	2 230	1 675	14.59 (1H, уш. с, NH); 2.43 (3H, с, CH ₃); 2.38 (3H, с, CH ₃)	268 (4,11) 367 (3,80)

Учебное издание

Безматерных Максим Алексеевич
Бельская Наталия Павловна
Мокрушин Владимир Степанович

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ,
БИОТЕХНОЛОГИЯ:
СОДЕРЖАНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ
ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ
РАБОТЫ МАГИСТРА

Учебно-методическое пособие

Заведующий редакцией *М. А. Овечкина*
Редактор *С. Г. Галинова*
Корректор *С. Г. Галинова*
Компьютерная верстка *Н. Ю. Михайлов*

План выпуска 2017 г. Подписано в печать 02.10.2017.
Формат 60 × 84 $\frac{1}{16}$. Бумага офсетная. Гарнитура Times.
Уч.-изд. л. 3,0. Усл. печ. л. 4,0. Тираж 50 экз. Заказ № 241.

Издательство Уральского университета
620000, Екатеринбург-83, ул. Тургенева, 4

Отпечатано в Издательско-полиграфическом центре УрФУ
620000, Екатеринбург-83, ул. Тургенева, 4

Тел.: +7 (343) 350-56-64, 358-93-22

Факс: +7 (343) 358-93-06

E-mail: press-urfu@mail.ru

<http://print.urfu.ru>

